

前　言

几千年来，人类怀着对天空的渴望，殚精竭虑地探索、孜孜不倦地追求着飞天的梦想。1903年，美国莱特兄弟发明的简陋的双翼飞机蹒跚着刺入天空，终于实现了航空史上质的突破，标志着人类首次实现了有动力、可操控的载人飞行。飞机的诞生，犹如一石激起千层浪，至今仅百年左右，飞机的发展一日千里。从此高山、大海不再是不同国家之间交流的天堑，空中航线几乎延伸到了地球的各个角落，人们的眼界和胸襟开阔了，生活变得更加丰富多彩。

年幼的飞机自诞生不久，人们就将手枪、机枪、炸弹带上飞机，从而诞生了由飞机平台与机载武器结合而成的全新装备——军用飞机。后来人们又将雷达、导弹、甚至原子弹也搬上了飞机，军用飞机成为了先进技术和武器抢先运用的综合武器系统。军用飞机的大量运用，使战争形态风云突变，引发了数千年来的二维平面战争向三维立体战争的革命性变革，直接导致了对战争胜负产生重大影响的新军种——空军的诞生。到目前为止，军用飞机已发展成由战斗机、轰炸机、预警机、侦察机、加油机、运输机、电子战机、舰载机、无人机等众多成员组成的大家族。

人类的航空史仅仅走过了一百年，但这短短的百年里发生了无数令人目不暇接的感人故事，既有可歌可泣的英雄曲，也有令人扼腕叹息的悲剧，还有阴差阳错的幽默喜剧，值得我们好好总结和回味。为了廓清飞机发展的脉络和便于对比研究，航空界对飞机普遍采用了划时代的分类方法，如将喷气式军用飞机分为四代、五代甚至六代。目前西方国家比较一致的划时代方案是将早期的活塞式飞机单列，然后将喷气式军用飞机粗分为四代。本书也采取将喷气式军用飞机划分为四代的方法，将朝鲜战争时代主要武器为航炮的主战机型如米格-15、米格-15比斯、F-86等亚音速喷气式战斗机称为第一代战斗机；将越南战争时代主要武器为航炮、火箭、近距格斗导弹的米格-19、米格-21、歼6、歼7，F-100、F-101、F-102、F-104、F-105、F-4等超音速战斗机称为第二代；将参加过海湾战争、科索沃战争、阿富汗战争和伊拉克战争等现代局部战争，主要武器为中远程空空导弹的米格-29、“幻影”2000、“狂风”，F-14、F-15、F-16、F/A-18等具有综合高性能的战斗机称为第三代；将正在或即将装备部队，主要特征是隐身、超声速巡航和短距起降的F-22、F-35，以及正在研制JSF等先进战斗机称为第四代。需要



指出的是，从第三代开始，俄罗斯与美国等西方国家的划代出现差别，由于俄罗斯将米格-23列为第三代，所以“多”出了一代，我们所常说的第三代、第四代战斗机，俄罗斯称为第四代、第五代战斗机。文中对每一代飞机技术的发展、主要飞机型号、作战使用情况、著名人物和典型事件等进行了简要回顾，希望能够带给读者对于航空发展历程的一些了解和启迪。









目 录











第一章　古老的梦想
——飞机出现前人类的飞天探索

从遥远的远古时代开始，全球各地的人们一直向往能像鸟儿一样插上腾飞的双翼，回旋于天地之间，云海之上。因此古代中国有龙飞凤舞、神仙腾云驾雾的传说；阿拉伯国家有飞毯、飞车的故事；西方想象出天使、带翼的骏马的神话，体现了不同民族渴望飞向天空的心愿。



飞行中的天使

一、最初的模仿，像鸟儿一样飞行

虽然人们编造了很多关于御风飞行神仙的幻想，但是真的要把梦想变成现实，还是首先选择了最直观的方法，即缚上双翼，模仿鸟类的飞行。据《汉书·王莽传》记载，公元 19 年，当时的皇帝王莽准备发动攻打匈奴的战争，下令在民间招募具有特殊技能的壮士。一个勇敢的年轻人自称会飞，王莽让他当场表演。此君"取大鸟翮为翼，头与身皆着毛，通环引纽，飞数百步而坠，莽知其不可用"。这位勇士用飞禽的羽毛做成翅膀，绑在胳膊上，从高处跃下，滑翔了数百步远才落到地面。此法虽不甚成功，未被王莽采纳，但开创了滑翔飞行试验的先河。



在西方，此种尝试也很多。大约在公元1020年，一名叫奥立弗的英国男子，试图像鸟一样展翅飞翔。在这次冒险行动中，他越过两百米的距离后，重重地跌下，摔断了胳膊和腿。尽管受伤不轻，但奥立弗看上去却相当满意。他说："我犯了一个小小的错误，忘记了将一个与鸟的尾巴类似的东西穿戴上，下次一定能成。"不过，当他伤愈后，却再也没有勇气冒险了。

1507年，有位叫约翰·达米安的意大利人在苏格兰做了一次人力飞行试验。他用母鸡的羽毛制作了一对翅膀，然后，从斯特尔林格城堡的高墙上往下跳。结果像块石头似的，直坠地面，折断了双腿。达米安非常懊恼，他说："我真蠢，使用了母鸡的羽毛，而母鸡是不会飞翔的。我应该用鸟儿的羽毛做成翼面，这样我就有把握飞起来了。"但是他痊愈后，也像奥立弗一样，未进行过新的尝试。

意大利科学家约翰·波若利对人力飞行问题进行了长时间的研究和计算后，于1680年写了一本这方面的书。他在《运动的动物》一书中，详细地分析了为什么人离开机器的帮助，永远无法升空。他认为，单靠人的双臂是绝不可能飞起来的，因为人类胳膊的肌肉与鸟类相比，远不够强壮，根本就难以支撑住自己的体重在空中飞行。

现代人都知道约翰·波若利的观点是完全正确的。但在当时，很多人对他的说法嗤之以鼻，不予理睬。1742年，有一个法国人，虽然他的岁数已不小了，但仍童心未泯，发誓要飞过巴黎的塞纳河。他将两个自制的翅膀绑在胳膊上，然后登上河边一幢房子的屋顶，奋力一跃……很快就坠落在一艘停泊在岸边的小船上。幸运的是，他仅仅摔断了一条腿。

二、另辟蹊径，乘风筝和火箭上天

随着人们对空气、空气动力和人类所处环境认识的逐步加深，古代的一些智者开始不再执著于人力飞行，他们另辟蹊径，试图利用大自然中的能量和当时已掌握的技术，开发出可以载人升空的物体。很多古人制造的看似简单和幼稚的航空器，其设计原理正是今天现代航空器所使用的，古人的智慧，对世界航空科学技术的启蒙和发展起到了重要作用。



中国的风筝

在美国华盛顿国家航空与航天博物馆的飞行器陈列室的入口处，有一块说明牌，上面用醒目的文字写道："最早的飞行器是中国的风筝和火箭"。人们并没有把它们仅仅当作玩具和庆典时燃放的焰火，而是开动脑筋利用它们的原理制造载人航空器。

例如，利用风筝试验载人飞行。风筝是由中国人发明的，相传最早产生于春秋时代，它由线、索牵引的重于空气的平面或框式物体，



是通过与相对来流间形成一个倾斜的夹角，来产生气动升力的。这和现代飞机的飞行原理基本相同，很多早期的飞机设计师都曾认真研究过风筝升空的机理。据说，刘邦的大将韩信就使用过大型风筝，载人升空，对项羽的军队实施侦察。1825 年，一名英国的中学教师乔治·波科克才制成了一只能够吊起一个人的大风筝，其女儿玛莎被缚在这只风筝上，迎风升起 90 多米。玛莎因此而成为西方国家中乘风筝上天的第一人。即使在飞机出现以后，风筝也并未完全失色。甚至在第二次世界大战期间，德国海军的潜水艇，还常常用风筝带着水手升到空中，以侦察敌方的舰船。



万户

将火箭作为运输工具，进行载人飞行实验，这一想法和壮举，最早就发生在中国。明朝时，有一位名叫万户的勇敢官员试图利用火箭和风筝组合成一种飞行器，借助火箭的推力和风筝的升力将人送入天空。万户在一把座椅的后背上安装了 47 枚当时能够买到的最大的火箭。试验时，他将自己绑在椅子上，两手各拿一只大风筝，然后令仆人点燃火箭。虽然他最终失败了，但这种勇于尝试的精神，是极为可贵的。万户是“第一个企图利用火箭进行飞行的人”。国际天文联合会将月球上的一座环形山命名为“万户”，以纪念这位先驱者。

三、从孔明灯到载人热气球和飞艇

轻于空气的航空器，其渊源也在中国。原始的热空气气球—— “松脂灯”，又称“孔明灯”、“天灯”、“云灯”等，出现于中国的五代（公元 907 至 960 年）时期。其原理是在一个空心的用纸和竹篾扎成的球体或筒体内充入热气，热气由点燃的松脂提供，使它的比重轻于空气而浮在空中。公元 1271 年至 1368 年，元军在作战时，曾将不同颜色的“灯球”升到空中作为联络信号。这种原始的“孔明灯”传到了日本后，作为玩具很快就流行开来。

1772 年，在法国巴黎的一次博览会上，一些艺人演示了一种类似于孔明灯的“日本灯”，引起了一对名叫蒙哥尔费的法国兄弟的极大兴趣。他们回家后，立刻着手进行了一系列试验，终于在 1783 年 10 月 15 日制作出热气球，搭载着法国年轻科学家罗齐尔升到 26 米的空中，实现了人类升空的理想。同年 11 月 21 日，罗齐尔和另一人乘坐蒙哥尔费气球，从巴黎郊区升空到约 1000 米高度飘飞 25 分钟，在距离起飞地约 8.9 公里的地方，安全返回地面，完成了人类历史上的首次自由飞行。

蒙哥尔费兄弟为此受到法国国王的表彰并授予勋章，分别被任命为法国科学院院士和国家研究院通信院士。在蒙哥尔费兄弟研究热气球并取得成就后不久，法国物理学家查理又制造出了飘飞性能更好的氢气球，克服了热气球因需携带燃料而减小了气球有效载荷的缺点，1783 年 12 月 1 日，查理和他的助手乘坐氢气球在巴黎上空翱翔了 2 个多小时，飞行高度达 610 米，行程 43 公里，实现了首次氢气球载人飞行。



孔明灯



载人气球

短短的十几天内，两种气球相继载人飞行成功，使整个法国处于极度的狂热之中，街头巷尾都在议论和赞美气球，大多数人已不再害怕乘气球上天，而且都以能够从天空中一睹大地的风采而自豪。这种情绪迅速漫延到欧洲和其他地区，英国、意大利、奥地利等国相继开展了对气球的研制和飞行。由于氢气有易燃易爆的缺点，20 世纪二十年代以后，又出现了氦气代替氢气的氦气球。

由于气球没有动力装置，不易操纵飞行方向，只能随风飘移，因而对气球的利用受到很大限制。于是人们开始对气球进行创造性的改进。1784 年，法国陆军军官梅斯尼埃对气球的结构进行改进，将气球的外形设计为“雪茄”状，由人力驱动螺旋桨提供动力，成为飞艇的雏形。1852 年，法国人亨利–吉法尔建造了一艘以蒸汽机为动力的“雪茄”形飞艇。之后，法国军官罗纳德和克瑞伯斯，在飞艇上安装了操纵面，解决了飞艇的全向操纵问题，1884 年，他们驾驶一艘长 51 米、装有 9 马力电动机的飞艇，以每小时 19.3 公里的速度飞行了 4.2 公里，实现了有动力完全操纵的飞艇飞行。

1789 年，法国成立了气球学校，1793 年，法国政府设立了气球部，专门负责制造、装备和维修气球。1794 年 4 月，法国成立了世界上第一个气球侦察分队。但是，当时法国统帅拿破仑却没有敏锐地觉察到气球可以在空中居高临下地进行战场观察的特殊作用，下令解散了气球队，以致在后来的滑铁卢之战中没有及时发现敌军而分兵搜索，未能及时地集中兵力，史学家认为这是拿破仑战败的原因之一。

1908 年，中国清朝在湖北陆军第 8 镇，江苏陆军第 9 镇和直隶陆军第 4 镇先后成立了气球队，陆军大学还编印过《气球学》一书。

早期的飞艇以电动机或蒸汽机为动力装置，体积大、重量沉，后来出现了以石油为燃料的小型化的内燃机，成为飞艇理想的动力装置。德国人齐柏林从 1900 年至 1906 年，对飞艇的结构进行了重大改进，先后设计了 LZ-1、LZ-2、LZ-3 型硬式飞艇。这些飞艇以金属框架保持其气动外形，飞艇的气囊由多个分隔的气囊组成，以防止氢气爆炸事故，并增大了飞艇的体积。齐柏林大大提高了飞艇的技术性能，为飞艇的商业和军事运用开辟了广阔的前景，迎来了辉煌一时的齐柏林飞艇时代。但是，由于飞艇体积大、速度慢、受强风等气象条件影响大，以及气囊内氢气易燃等弱点，终于因其存在致命缺陷而被淘汰，其地位由飞机所代替。



齐柏林飞艇

四、滑翔机试验对解决操控难题的重大贡献

在飞机诞生之前的 19 世纪后半叶，滑翔飞行曾风行一时，为飞机最终发明成功做出了不可估量的贡献。

19 世纪八十年代，法国人穆亚尔出版了一本有名的著作《空中王国》。这部书除了论述航空将对社会产生的巨大影响外，还以全新的姿态考察了鸟的飞行。他认为，在飞行控制问题得到解决之前，不要盲目进行动力飞行试验，否则操纵者有生命危险。穆亚尔本人从 1856 年开始设计制造泥滑翔机，进行试验。他前后共造了 6 架滑翔机，时间跨越整整 40 年。但他的滑翔机性能不佳，没有取得多少成功。在他的后继者李林达尔的实践推动下，滑翔飞行终于在 19 世纪最后 10 年进入了



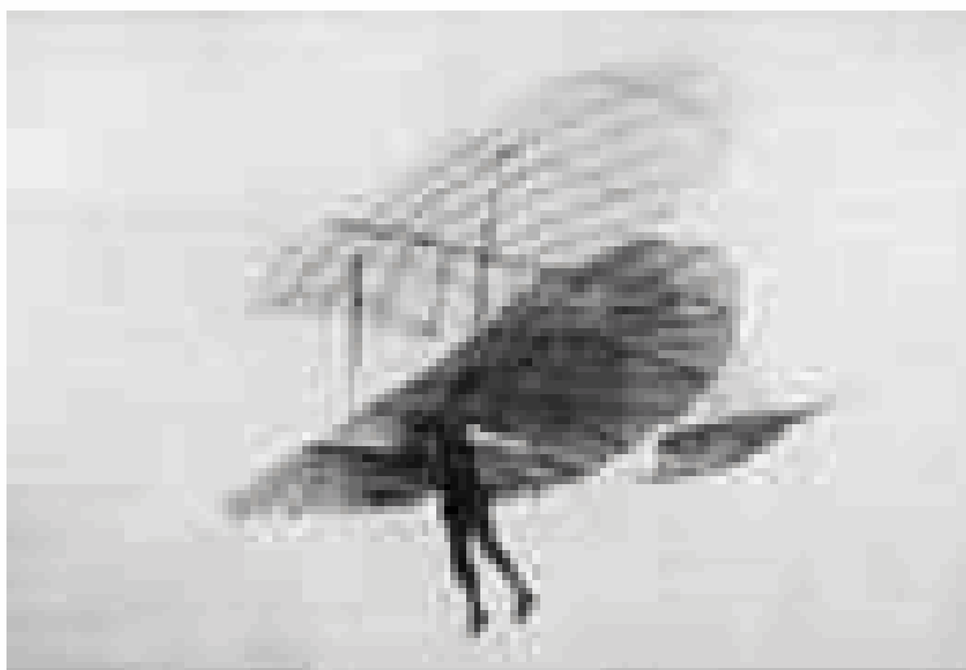
一个异常活跃的时期。

奥托-李林达尔是一位德国工程师,他和他的弟弟古斯塔夫制造了大量动力飞机模型。后来,他们进行气动力实验,获得了机翼迎角、面积、速度与升力之间的关系数据。1889 年,李林达尔把这些研究和试验结果整理出版了《作为航空基础的鸟类飞行》。这部著作集中讨论了鸟翼的结构、鸟的飞行方式和体现空气动力学原理,并且论述了人类飞行的种种问题。他特别讨论了人造飞行机器翼面形状、面积大小和升力的关系。这部书几乎成了他同时代或比他稍晚的航空先驱者的必读书,为航空发展做出了相当大的贡献。

从 1891 年到 1895 年,他先后制造了 18 种不同型式的滑翔机,其中有 12 种是单翼机,6 种是双翼或多翼机。他的主要目的是积累飞行经验并且寻找在空中保持稳定和可靠的操纵方法。在进行了两年的滑翔试验后,他开始在滑翔机上加装水平和垂直安定面:前者用于保持纵向稳定,后者用于保持横向稳定。后来,他又在滑翔机上加装了可动的升降舵,从而改善了操纵性能。



李林达尔



李林达尔滑翔机

李林达尔修建了一个试验场,利用一座小山丘的下坡辅助加速,使滑翔机飞入空中。李林达尔在滑翔上取得了前所未有的成就。他进行了 2000 多次滑翔飞行,其中最远的可达 300 米。他留下了大量极其珍贵的飞行历史照片,在当时就产生了广泛的影响,不仅为同时代提供了极其有效的借鉴,而且也为航空史研究留下了宝贵的第一手资料,成为 19 世纪末有名的“空中飞人”。但是,1896 年在一次试验中,他的滑翔机被一阵大风吹得失去了控制,滑翔机重重地摔在地上,第二天他在医院中死去。之后,李林达尔的学生皮尔彻又在他老师取得的成就的基础上,对滑翔机进行了改进,设计了“鹰式”滑翔机,它带有轮式起落架、水平和垂直安定面,机翼和机身采用张线支柱结构,进行了多次成功的飞行,最远的曾飞行了 300 米。但不幸的是,1899 年他也在滑翔飞行时失事,付出了生命的代价。

在莱特兄弟之前，最后一位卓有成就的滑翔机名家是查纽特。他出版了《飞行器的发展》一书，对前人的成就进行了介绍和总结，并明确阐述了飞机固有稳定性、操纵性的重要意义。他经过反复试验，发现双翼机具有较好的稳定性，他把机翼几何形状制成矩形，上下两翼采用张线和支柱支承，间距大大减小，布局精巧，结构合理。他指出"一架飞机要想成功，必须始终处于可靠的操纵之中。"因此他设计的滑翔机的尾翼组件是柔性的，可进行柔性操纵，这比李林达尔进了一大步。另外，驾驶位置由悬挂式改为坐式，大大减轻了驾驶员的负担。

由于李林达尔和皮尔彻试飞滑翔机相继失事，为欧洲航空发展蒙上了一层阴影，欧洲重于空气飞行器的发展几乎陷入停顿。但他们的滑翔机积累了大量宝贵的飞机操纵数据和经验，距飞机的出现已仅剩一步之遥了。



查纽特滑翔机



飞机与飞艇



第二章 石破天惊
——飞机打开空中战争之门

虽然航空先驱者们在探索动力飞机的升力与阻力、平衡与操纵、发动机等方面已经取得了很多突破，但是还没有取得最终成功。令人感到意外的是，飞机的最终发明不是由国家财力资助的科学家，而是由美国俄亥俄州一家自行车修理工场的修理工莱特兄弟，完成了画龙点睛般的最后一击。

一、1903 年莱特兄弟发明飞机，首次实现可操控、有动力载人飞行

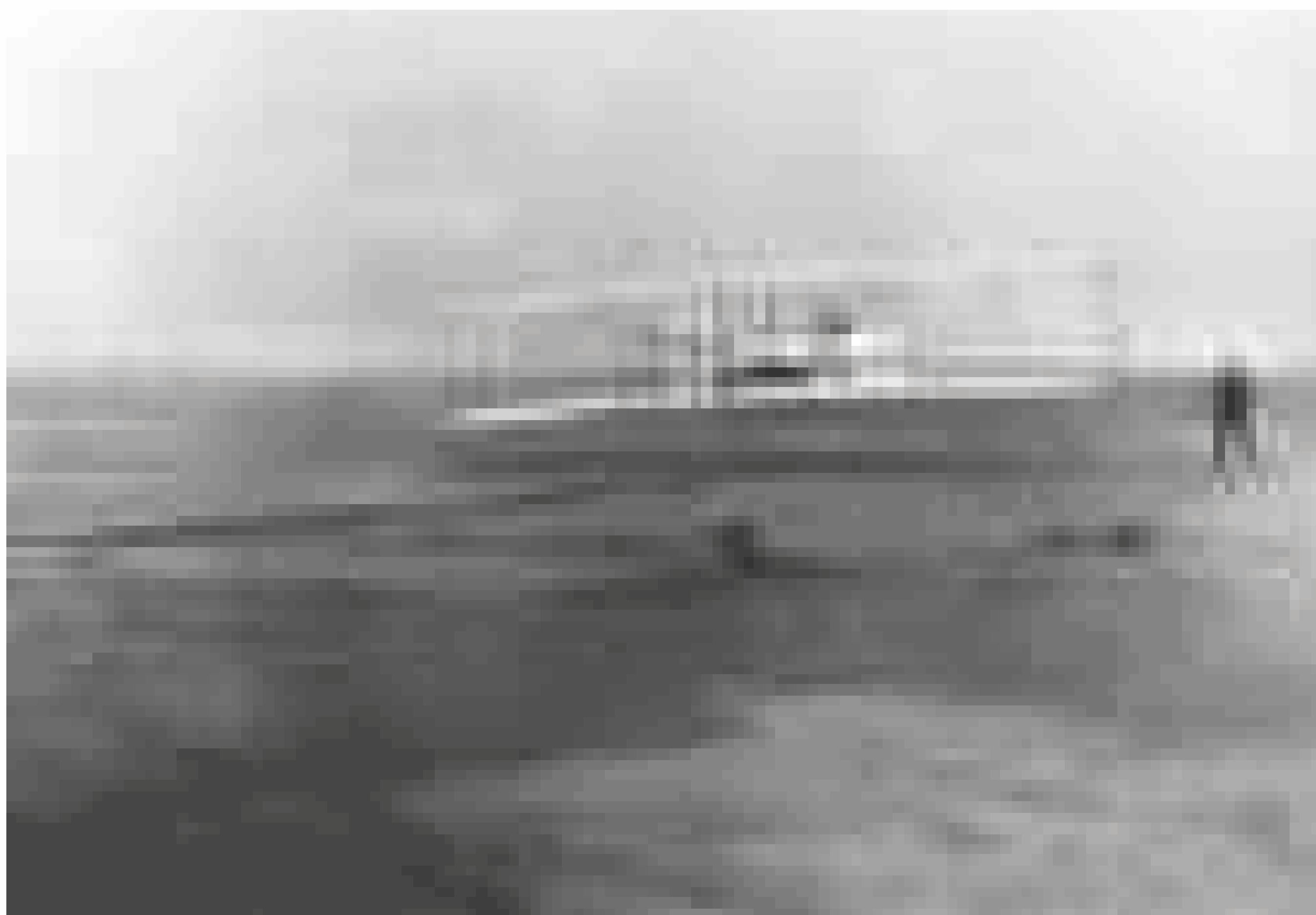
1903 年 12 月 17 日上午 10 点 35 分，在乌云笼罩的美国北卡罗来纳州基尔德夫尔附近的海滩上，传来了一阵发动机的轰鸣声，顶着刺骨的寒风，弟弟奥维尔驾驶着他们自制的“飞行者”1 号飞机，歪歪斜斜地向前滑出。随即，它挣脱了地球的巨大引力，离开地面，腾空而起。12 秒钟后，“飞行者”1 号在距起飞点 36.6 米处降落，飞行高度大约在 3—4 米左右。在随后的一个半小时里，莱特兄弟轮流驾机进行试飞，且越飞越好。第四次飞行由哥哥威尔伯操纵，凌空跨过了 260 米的距离，持续时间为 59 秒。



莱特兄弟

当时在现场观看这一前无古人之成就的，还有莱特兄弟请来的担任目击者的五位朋友。基尔德夫尔海岸警卫站的一名叫做约翰-丹尼尔斯的雇员，在“飞行者”1 号离地的瞬间，用相机将这一具有划时代意义的事件，定格在历史的底片上。航空史学家们公认，1903 年 12 月 17 日这一天，是飞机诞生的日子，这是人类历史上第一次实现重于空气的、带动力的、有人驾驶的持续飞行，现代飞机完成机动飞行所必需的一些重要部件，在这第一架飞机上几乎都能找到。从这一天起，莱特兄弟开创了人类航空的新时代，他们的名字永远同飞机联系在一起。

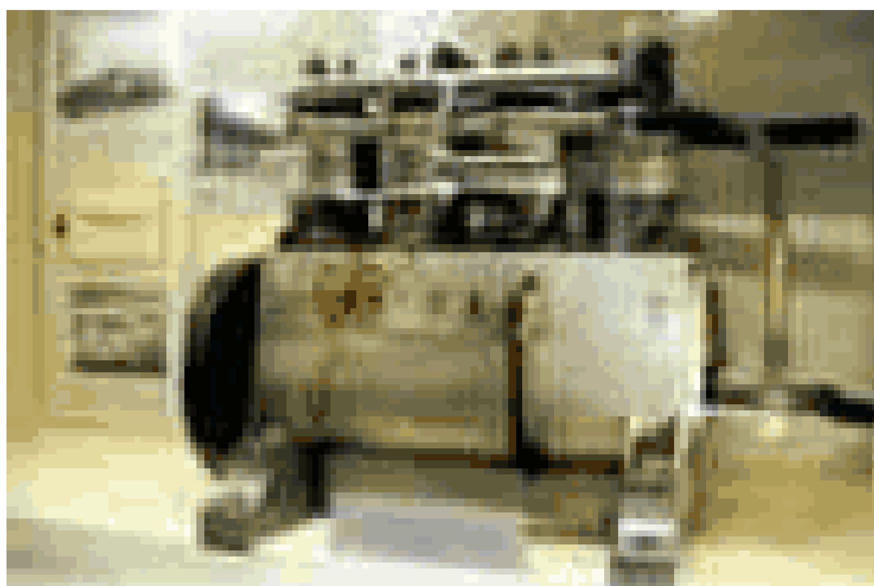
莱特兄弟用了比许多先驱者少得多的时间研制成功动力飞机，是什么使他们成为幸运儿，其秘诀是



人类的第一架飞机

什么？其中的因由看似意外，但并非偶然。一是由于当时发明飞机的技术和时机已经成熟，可谓万事俱备，只欠东风；二是他们研制飞机完全遵循了滑翔飞行的科学之路；三是他们有丰富的机械设计经验，动手能力很强，把前人的理论成果、整体设计和试验完美地结合起来，才最终取得了成功。其实，他们也经过了多年不懈的努力。从 1896 年起，这对仅读过中学课程的兄弟就一直醉心于飞行探索，先后对风筝、"竹蜻蜓"、牵引滑翔机、自由滑翔机等飞行器做了大量的实验和研究。通过阅读李林达尔等前人有关飞行的书籍以及自己的实践，他们认识到:弧形翼型产生的升力要比平板翼型大得多，因为弧形翼可以让流经机翼上表面的气流的速度明显高于下表面的气流，从而导致机翼上下表面之间形成较高的压差，使飞机产生更大的升力。为此，兄弟俩利用自制的简易风洞对各种各样的弧形翼型进行了仔细的选型吹风。他们总共设计了 200 多种翼面，终于找到了比较理想的外形。另外，他们还安装成功了控制飞机航向的方向舵、操纵飞机作俯仰运动的升降舵等，解决了飞机操纵问题。最后一个难关，就是要为载人滑翔机安装发动机了。在 20 世纪初，比外燃机(如蒸汽机)重量更轻、效率更高的内燃机已经出现，而且只有内燃汽油发动机才具备实现带动力飞行所需的功率/重量比。不过，那时烧汽油的内燃机从发明到成熟也没多少年，市场上根本无现货可买，适合于飞机使用的重量较轻的内燃机，就更难找了。莱特兄弟决定自制。他们与机械师查尔斯·泰勒一起设计制造了一台小型 4 缸活塞式内燃发动机，将其安装在自己设计的滑翔机机体上，通过链式传动的方法带动螺旋桨旋转，以产生驱使飞机前进的推力。于是，一架初具雏形的飞机就制成了。莱特兄弟将这架用滑翔机改造的、配有动力装置的航空器命名为"飞行者"1 号，它成为固定翼





安装第一架飞机上的四缸汽油发动机



莱特兄弟第一架飞机

飞机展翅云天的开路先锋和 “始祖鸟”。之后，为了完善“飞行者”1 号，莱特兄弟继续苦干，1905 年，第三架“飞行者”号被生产出来。专家们指出，该机是世界航空史上第一架完全实用的飞机，因为它能够正常起飞、降落、倾斜、转弯，并在空中兜 8 字。其留空时间达到 38 分钟，飞行距离也将近 40 千米。

像历史上许多发明家的遭遇一样，尽管莱特兄弟为人类的航空事业做出了巨大的贡献，但在相当长的一段时间里，兄弟俩的业绩并不为他们的美国同胞所承认，根本没有人重视这一对自行车修理匠，甚至还有人认为他们是骗子。莱特兄弟曾主动提出向美国陆军展示他们发明的这种“飞行机器”，并希望军方购买，但被断然拒绝。直到两年多以后，著名的《科学美国人》杂志仍然坚持说两兄弟的故事是个“骗局”，而那时，经过改进的“飞行者”号，已能完成持续半个多小时、距离 38.6 千米的飞行。

1908 年，莱特兄弟终于迎来了他们飞行事业的转折点。弟弟奥维尔得到了为美国陆军做示范飞行的机会，而哥哥威尔伯则受邀赴法国和意大利进行航空表演。威尔伯在法国的表演大获成功，引起轰动。他曾驾机在空中持续飞行了 2 小时 20 分钟。对此，法国人给予了高度评价，欧洲也随之掀起了一股航空热潮。这一年，兄弟俩筹组了世界上最早的飞机制造公司之一。1909 年，美国陆军从莱特公司购置了第一架军用飞机。同年，美国国会正式授予他们国会荣誉奖。

二、百机竞秀天空舞台

莱特兄弟的成功，大大刺激了人们的想象力，特别是一直在航空领域处于领先地位却又屡遭挫折的欧洲大陆，迸发了压抑已久的潜力，出现了新一轮飞机设计、制作和试飞的热潮。在短短的十年里，各种奇思妙想层出不穷，奇形怪状的飞机不断涌现，使人们大饱眼福，出现了单翼机、双翼

机、三翼机，以及现代水上飞机的雏形。在这个时期，世界航空事业充满着新生命的无穷活力，并以惊人的速度发展。

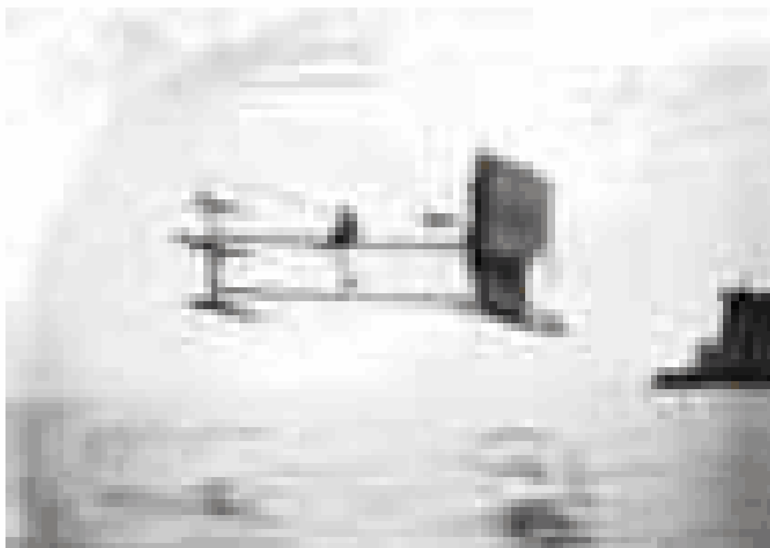
出生于巴西后定居法国的富家子弟桑托斯·杜蒙，是生性浪漫、痴迷冒险、充满传奇的公众人物。1906 年 11 月 12 日，他驾驶着自己设计的双翼飞机“14 比斯”在法国巴黎驾机试飞，并创造了国际航空联合会所承认的第一个直线飞行速度纪录——41.29 千米/小时。它标志着在欧洲大陆上空，重于空气的飞行器完成了其首次持续飞行。因此也有人把 11 月 12 日这一天，作为欧洲第一架飞机上天的日子。



路易飞越英吉利海峡

最激动人心的是 1909 年 7 月 25 日，法国人路易·布莱里奥驾驶着他那架 25 马力的单翼机，成功地飞越了英吉利海峡。这一轰动性的新闻，标志着在重于空气的飞行器的开发、研制的竞赛中，欧洲已经超过了美国。

1907 年 11 月 13 日，法国设计师保罗·科尼尔研制的世界上第一架带动力、可载人的直升机，在用绳索系留情况下，飞离地面并留空 20 秒钟。



法布尔第一架水上飞机

1910 年 3 月 28 日，法国人 H.法布尔在马赛附近试飞成功世界上第一架水上飞机，并把它命名为“水机”。飞机不但顺利升空，而且以 60 千米每小时的速度飞了约 500 米。这架飞机的水平安定面和升降舵位于机翼的前方，机身只是两根长梁，起落装置为三个平底的浮筒，机翼的上反角相当的大。该机停放在水面上，就好像一只振翅欲飞的野鸭子。因此，它的创造者 H.法布尔开玩笑似的给其起了一个“鸭式”(Ganard)的名字。从此以后，这种前置尾翼的气动布局形式，便被人们统称为鸭式了。

看到了飞机不仅能在陆上、而还能在水面上起落，有人更萌生了让飞机在军舰上起落的大胆念头，这样，飞机就能被远程航行的舰队带入遥远的深海之中，为舰队提供空中侦察等支援任务。于是，1910 年 11 月，美国海军开始了在军舰上铺设特制甲板进行飞机起降的尝试，并取得了成功。特别是为了解决着陆这个难点，他们用飞机起落架的钩子正好钩住甲板上预先横起安置的长绳，绳端系有沙袋，起减速作用。飞机拖着沙袋在甲板上滑行一段短距离后就可停住了，现代舰载飞机正是按照这一原理在航空母舰上着陆的。





早期航母舰载机

1911 年,由基钦设计的“油炸圈饼”式飞机进行了试验。这架双翼机采用一台 50 马力的“土地神”转缸发动机,其上下两个主翼的几何外形均为圆圈状。“飞盘机翼”的出现,是早期飞机设计师在空气动力学领域进行的一次大胆的探索。

经过改进和应用探索,飞机开始向大型化方向发展。1914 年,俄国的西科尔斯基设计成功了“伊利亚–穆罗梅茨”号大型多发动机飞机,翼展 31 米,总质量超过 5 吨,最大速度 115 千米每小时,续航时间 6 小时。飞机座舱布置豪华,有玻璃窗、洗手间、取暖设备、电灯等。1914 年 2 月,飞机载 16 名乘客作了一次成功的飞行。

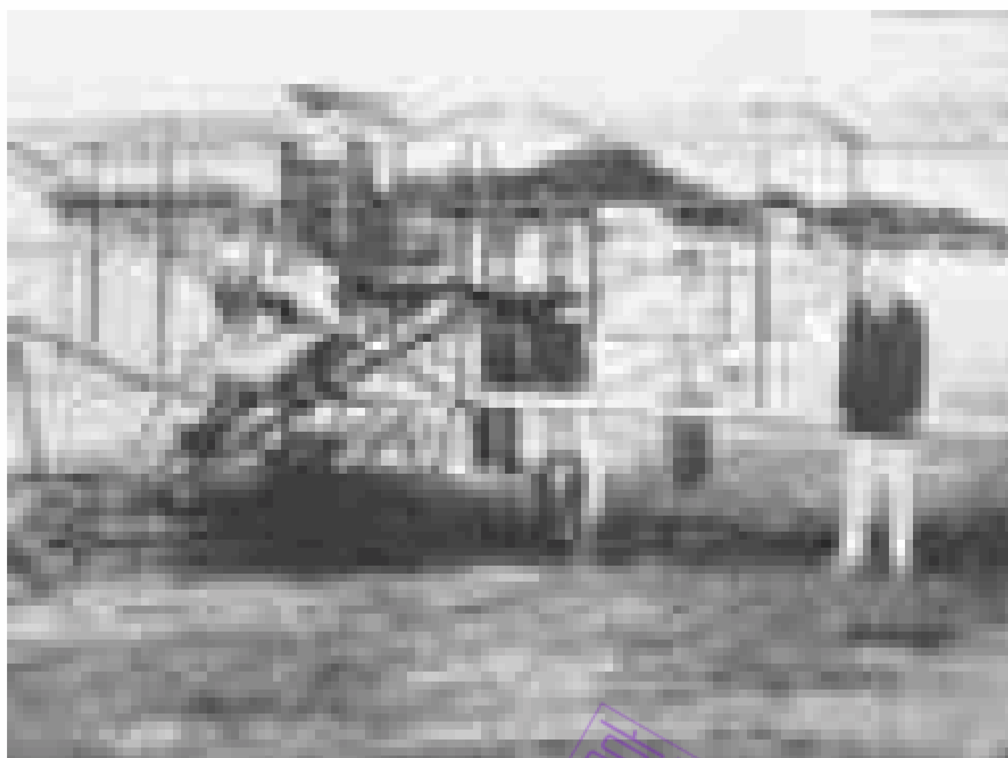
中国也是航空事业起步较早的国家。1909 年 9 月 21 日,年仅 26 岁的旅美华侨冯如,驾驶着自己研制的飞机,在美国奥克兰市郊冲上了蓝天,揭开了中华民族飞行史上的新篇章。冯如成为首位驾驶自制飞机上天的中国人,他设计出的飞机比美国莱特兄弟的“飞行者”和桑托斯·杜蒙的“14 比斯”号晚不了几年,但首飞时的航程比他们的飞机都要远。1911 年年初,为了“壮国体,挽权利”,他将自己创办的“广东飞行器公司”飞机制造厂迁至故乡,发展祖国的航空工业。1912 年 8 月 25 日,冯如在广州城外的燕塘驾机作飞行表演,因转弯过急,飞机失速下坠,不幸牺牲,时年仅 29 岁。冯如牺牲后被安葬在广州黄花岗。1912 年 11 月 16 日,中华民国临时大总统孙中山发布命令:从优照少将阵亡例给恤,并将事实宣付国史馆。冯如成为中国历史上第一个真正的“飞将军”。

水上飞机的发明家——谭根,生于美国的旧金山。1910 年,谭根从美国洛杉矶希敦飞机实验学校毕业,并获得驾驶员执照。同年 7 月,谭根研制出了一架带船形机身的水上飞机,并在美国举办的芝加哥国际飞机制造比赛大会,一举夺得水上飞机组冠军。他这架水上飞机比法国人亨利·法布尔研制的“鸭式”飞机的首飞时间仅晚 4 个月,但飞行性能明显优于法布尔的水上飞机。可以说,中国的谭根和法国的亨利·法布尔均是早期水上飞机的开拓者。





冯如



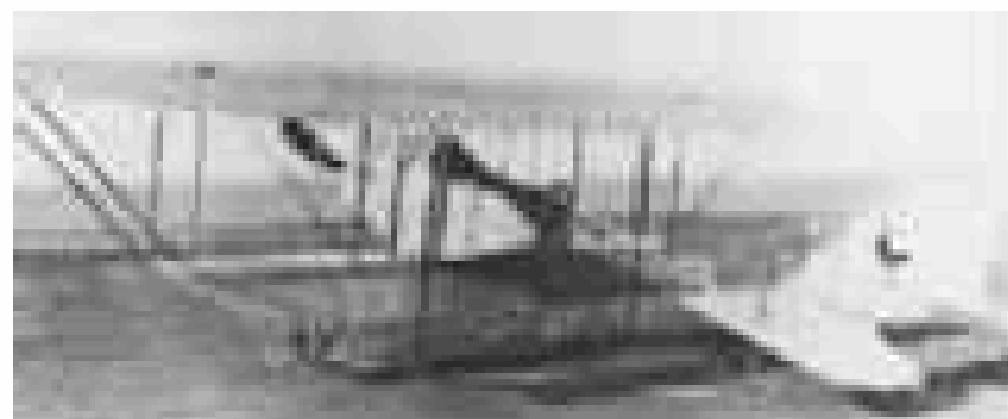
冯如研制的飞机



飞行家谭根



厉汝燕



高德隆飞机

中国留学生厉汝燕，是中国最早研习飞行技术的航空活动家之一。1911 年，厉汝燕从英国航校毕业，获得英国皇家航空俱乐部飞行员证书，成为中国留学生中正规学习飞行技术之第一人。

1911 年 4 月 6 日，由法国学成归国的秦国墉从欧洲带回一架“高德隆”式单座双翼飞机，并在北京南苑做了飞行表演。这是中国人驾驶飞机首次在中国本土飞上天空，当日有许多清政府的官员和外国来宾到场观看，他的精彩表演，引得众人仰天喝彩。

1913 年 9 月，中国历史上第一所正规的航空学校在北京南苑成立。当局任命秦国墉为南苑航校首任校长，厉汝燕被聘为主任教官。在秦国墉等人的领导下，由南苑航校修理厂厂长潘世忠主持研制，他们自行设计了标号为“1”的飞机，并在南苑一飞冲天，这是中国人在本土制造成功的第一



架飞机。1914 年 12 月,南苑航校第一期飞行学员完成学业,共有 41 人获得飞行毕业证书,他们成为中国航空史上,由国人自己培养的首批飞行员。

三、一战中的空中游侠

1910 年,墨西哥爆发了反对腐败的宰亚兹政府的革命。墨西哥政府军和革命军各自从美国购买了一架飞机,用于侦察和监视任务。有一天,双方的飞机在空中执行任务时相遇,飞行员拔出手枪,互相追逐射击了大约 5 分钟,但都没有击中敌方,便各自飞开。虽然只是不引人注意的几声枪响,却从此打破了静谧的天空,它标志着飞机如同一头幼兽已长出了獠牙,即将变成一种可怕的武器。

1911 年 9 月,意大利为了占领土耳其在北非省份的黎波里塔尼亚和昔兰尼加,发动了对土耳其的战争。当时,土耳其没有飞机,而意大利已经建立了一个拥有约 20 架军用飞机的飞机连。25 日,当意大利飞机侦察土耳其军营时,遭到土军地面部队的步枪射击,其中一架飞机机翼中了 3 颗来福枪子弹,这是飞机首次遭到地面火力的杀伤。11 月 1 日 ,意军飞行员驾驶"鸽"式飞机向土军投下了 4 颗各重 2 公斤的炸弹,这是飞机作战史的首次轰炸行动。同时,意军飞机还进行了飞机的首次空中侦察照相、与地面无线电台进行通信联络,夜间侦察、夜间轰炸等行动。

1914 年 6 月,第一次世界大战爆发了。这时,已经出现了在飞机上配备专用武器的作战飞机,即在飞机机头处安装有一挺可活动射击的机枪, 由专设的空中射击员进行操纵。1914 年 10 月 5 日,法国飞行员约瑟夫·费朗茨和机械员兼观察员路易·凯诺驾驶"瓦赞"式飞机,在空中与一架德国的"阿维亚蒂克"式侦察机相遇,凯诺用机上携带的机枪当即将"阿维亚蒂克"式飞机击落,从而创造了世界空战史上首次用机载武器击落敌机的战例。然而,由于这些飞机在空战时必须由驾驶员和射击员合作完成攻击任务,二者之间的协同比较困难,且射击范围受限,因此还不是真正意义上的战斗机。

航空史学家认为:世界上最早的战斗机是 1915 年初由法国制造的"莫拉纳-桑尼埃"。它是一



最早进行轰炸的飞机——意大利的 "鸽" 式飞机



首创击落敌机的飞机——法国的瓦赞机击落德机

架机枪位于座舱前方,且枪管与发动机轴平行的作战飞机,其驾驶和射击均由飞行员一人独立完成。率先提出战斗机构想的是法国著名的特技飞行员罗兰·加罗斯。这位富于冒险精神和创新思想的飞行家,是欧洲第一个飞越地中海的人。他认为,主要用于空战的飞机,应把机枪固定在机头部位,作战时,沿飞机纵轴向前射击。只有让飞行员一面操纵飞机,一面顺着前进方向,用视线瞄准,才能收到良好的攻击效果。这就是一直影响到今天的跟踪射击的空战战术概念。带着这一想法,加罗斯找到了法国设计师雷蒙·桑尼埃,他们用加罗斯的"莫拉纳"式座机进行了改装。为保护处于机头前方的、高速旋转的螺旋桨,他们用偏导钢板将位于机枪口前方的桨叶包起来,在子弹穿越桨盘面时,钢板可起到滑弹的作用。射击试验证明,该装置的效果良好。机枪发射出的子弹有大约7%会打到偏导钢板上,但全都被弹掉了,螺旋桨完好无损。这架被加罗斯命名为"莫拉纳–桑尼埃"的飞机一问世,就在空战中大展身手。1915 年 4 月 1 日, 罗兰·加罗斯驾驶"莫拉纳–桑尼埃"式战斗机击落一架德军的"信天翁"型双座侦察机。接着,他于短短的十几天内,驾驶该机在空中与德、奥飞机周旋,又击落和迫降了 4 架敌机,从而成为国际上公认的第一位王牌飞行员。可以说,是技术的进步,造就了这位英雄。



世界上最早的战斗机——法国的莫拉纳



德国信天翁飞机

不幸的是,加罗斯在一次空战中由于发动机故障(另一种说法是被敌方地面炮火击伤),不得不迫降而被德国人俘虏,并缴获了其座机。德国人如获至宝,将战斗机送到福克飞机公司去研究,并邀请该公司的创始人荷兰工程师安东尼·H.G.福克提出改进意见。受金属滑弹装置的启发,仅仅 48 小时后,这位飞机设计师就发明出了一种更为高明的"射击协调器"。其原理是通过装在螺旋桨轴上的凸起部分触动联动机构的凸轮,以控制机枪的射击,保证前射的子弹能从飞转的桨叶间的空当处穿过,而在桨叶经过枪口前方时,机枪停止击发。这样,就不必担心枪弹射出时,会碰到正在高速旋转的桨叶,也不会出现反弹的子弹头四处飞溅,威胁驾驶员的生命和影响飞机的稳定等问题。这一新的技术措施,大大提高了战斗机自身的安全性和攻击的火力。

该项发明被应用在"福克"E 型飞机上后,立刻横扫天空,一举扭转了开战之初德军的被动局



面。从1915年夏至1916年初，技高一筹的同盟国战斗机连连击落协约国的飞机，令处于劣势的英、法战斗机难以招架。以"福克"E作战飞机为基础，德国人还组建了世界上最早的专业化战斗机分队——"狩猎中队"，他们往往一次出动一二十架飞机，实施编队攻击，使空中作战的方式与规则发生了重大的变化，大大提高了战斗效能，完全掌握了战场的制空权。

德军的空中优势一直持续到1916年6月。法国人在这一年的战斗中击落了一架"福克"式战斗机，从而获得了机枪射击协调器的秘密。他们迅速进行仿制，将其装在了协约国的飞机上。于是，技术的天平回到了中间的位置，双方战斗机的作战性能便处在同一水平线上了。1916年，法国飞行员吉内默在空战中首次使用了37毫米的机关炮，使空战武器的威力大增。这一举措，吸引了众多仿效者。后来，20毫米以上口径的航炮逐渐成为作战飞机主要的射击兵器。



装有射击协调器的"福克"E型飞机

中国人驾驶飞机参加空战并击落敌机的历史也比较早。1914年初冬，在法国莫连航空学校及威拉库柏莱航空学校学习飞行的中国学员朱允章以优异的成绩毕业，时值第一次世界大战爆发，朱允章遂报名参军，被编入法国飞行军团任飞行军士。他历经多次空战，屡挫德军，曾独立击落敌机两架，获法军司令部授予的勋章，并受到全军通报表扬。朱允章成为第一位参加空战，并打下敌机的中国籍飞行员。



一战德军飞机

第一次世界大战中，空战主要以单机格斗的形式出现。由于指挥和通信手段的不足，飞机一旦离开机场就基本上失去了控制，这就难以对空中作战实施有效的指挥控制和协调，但因此也给了飞行员以更大的自由表现机会。战斗结果除与飞机性能有关外，"王牌"飞行员的技术影响很大。协约国击落的3138架德国飞机中，有65%是被105名"王牌"飞行员击落的。法国的鲁内·保罗·丰克上尉在空战中共歼灭敌方飞机75架，成为协约国航空兵部队中居于首位的空中英雄。而第一次世界大战期间的头号王牌飞行员是德国的"红色男爵"曼弗雷德·冯·里希特霍芬骑兵上尉，击落飞机80架。1918年4月，里希特霍芬在与英国飞行员交手时坠机阵亡，英国人为他举行了隆重的葬礼。

但是，在一战中特别是在后期也出现了不同机群编队协同作战的雏形，如在1918年的法国马



恩河地区会战中,协约国集中了 1100 架飞机。7 月 18 日,协约国发动反攻,使用 400 架飞机支援第十集团军的步兵作战。400 架飞机分成三个编队,按高度作层次配置:第一编队配置在 2000 米以上,主要对付德国的战斗机;第二编队配置在 1000—2000 米,执行对付敌侦察机的任务;第三编队在 1000 米以下活动,负责突击地面目标和敌人强击机。

四、奠定空军理论的“三巨头”和独立空军的创建

自飞机诞生伊始,围绕着飞机是否具有军事价值就曾展开过激烈争论,其中对飞机的军事价值不乏全盘否定的人,如法国元帅福煦认为,飞机是“飞着玩,用于体育运动可以,但军事上没有使用价值。”但是,这种反对言论很快就随着飞机在第一次世界大战中的出色表现而消散。在 4 年的





一战中德军的三翼机

战争中,飞机取得了巨大发展。世界共生产了 18.19 万架飞机,投入作战的约 10 万架。不但飞机的性能有了质的提高,而且形成了轰炸、歼击、侦察等机种,组建了相应的兵种部队。空中行动由单纯的侦察、通信、炮校等战场勤务,发展为遂行突击后方目标与战场目标、争夺制空权、防空、空战等多种作战任务,行动规模也由战术行动向大兵团作战发展,表现出了巨大使用价值和远大发展前途。

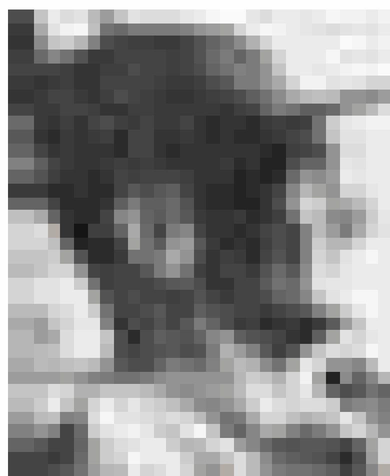
飞机空战的实践,孕育了对其军事应用的理性思考。第一次世界大战至第二次世界大战之间,是一个长达 20 年的相对和平时期,也是空军理论从奠基到蓬勃发展的重要时期。其中的代表人物是意大利的朱里奥·杜黑、美国的威廉·米切尔和英国的休·特伦查德。杜黑最早提出并系统阐述了“制空权”理论,米切尔竭力倡导“空中国防”观念,而特伦查德则在英国创建了世界上第一支独立空军。

1921 年意大利将军杜黑《制空权》一书,主要观点包括:空军的出现彻底改变了战争的面貌,带来了一场军事革命;未来战争是总体战;制空权是战争胜利的前提条件,空中战场将是决定性战场;空军的优势在于进攻,必须集中使用;建设独立的空军;空军的出现改变了国家武装力量结构,陆海空三军组成国家武装力量整体等。当然,受到历史条件的制约,他的有些结论有的观点过于极端,如错误地否定了防空的重要作用等。然而,这丝毫也不能动摇其在空中作战和空军建设理论及其实践中的先驱者地位。





杜黑



米切尔



特伦查德

空中国防的系统理论,最早是由美国的威廉·米切尔于1925年在《空中国防论》中提出的。他强调说:“一个国家没有完善组织和装备的空中力量就不能称其为强国”,认为空中国防在国防中具有决定作用,必须建立一支独立空军。与杜黑观点所不同的是,他认为空军应主要通过摧毁敌人的经济体系,直接打击敌国平民,破坏敌方国家继续进行战争的物质基础,从而使对方屈服。另外,米切尔深深地感到空中力量对陆、海军作战行动的重大影响,他认为航空兵可以击沉任何水面舰船,从而使海上力量失去独立的战略力量地位。1920年6月,米切尔经过努力终于争取到国会批准进行公开试验,先后用飞机成功地击沉前德国的潜艇和驱逐舰、巡洋舰、战列舰,从而动摇了战列舰在舰队中的核心地位,得出了“没有制空权就没有制海权”的结论,为开辟航空母舰的发展道路奠定了基础。

英国的特伦查德是一位实干家。他的理论著作并不出名,只有后期的《关于战争中的空中力量原则》等,但他把思想精华全部体现到了卓越的实践活动中。第一次大战期间,特伦查德除短期在陆军部担任航空总监外,大部分时间都在指挥英国驻法国的全部航空兵部队。他亲身体验到航空兵在战争中所发挥的作用,同时也深深感到分属海军和陆军的飞行队自成体系而形成相互掣肘的弊端。因此,他极力鼓吹并积极活动,终于在1918年4月1日,在英国建立了世界上第一个与陆、海军并立的空军,特伦查德被任命为英国空军第一任司令官,开创了建立独立空军的先河。之后,加、澳、意、法、德等国于1920–1935年先后建立了空军。

空中战斗实践和空军理论的发展,使人们认识到,空中国防是国家国防不可分割的一部分,领空也是国家主权的组成部分。在1919年缔结的第一部国际航空法典——《航空管理公约》中对领空进行了界定:“每个国家对其领土之上空气空间具有完全的和排他的主权。”在中国,孙中山先生在其1921拟制的《国防计划》中也提出建立独立空军的思想。他认为:“航空机参加战斗序列之后,在国防主权之划分而言,往昔所争之领土、领水,今有领空之划分,造成地球形成以来之异象,就其效力言之,已打破兵舰、潜艇、战车等之偏枯性能,极控制三界之能事。故欲因应现代国防上之需要,非扩充空军力量不为功。”



第三章 螺桨飞旋
——从辉煌到走向末路的活塞式战斗机

第二次世界大战是人类战争历史上规模最大、参战国家最多的战争。在这场战争中，飞机从一战时期的配角，一跃成为大显身手的主角，其活动范围之广、参战数量之多、战果之显著、作用之大、战况之壮观惨烈，都超出战前人们的预想。战争的刺激使各交战国都开足马力制造前方急需的作战飞机，生产的军用飞机约 70 多万架，光是美国的航空企业就向军方提供了 29.7 万架飞机。战争初期，德国以战略空袭、空降、航空兵与坦克装甲部队联合进行的“闪击战”席卷西欧，一举夺取战略主动权。盟军在敦刻尔克撤退中，如没有英国空军殊死作战争夺海峡上空的制空权，30 余万盟军恐将全军覆没。紧接着，英国空军成功进行国土防空，取得不列颠之战胜利，为盟军重返西欧战场建立了桥头堡。为了扭转被动，又和美军先于开辟地面战场 4 年开辟了独立的空中战场，进行了 5 年战略轰炸，共出动飞机 412 万架次，投弹 270 万吨，严重削弱了德国的战争潜力，极大打击了其民心士气，使其武装力量的水平降到最低程度，为盟军重返欧洲地面战场创造了条件。在诺曼底登陆战役中，英美共集中运输机、滑翔机 3500 余架，空降 3.5 万余人及大量武器装备。在苏德战场，德国在突然入侵苏联的当天就通过空袭击毁苏联 1200 架飞机，取得了战略主动。1943 年苏军通过库班大空战夺得战略制空权，成为战略反攻的前奏。在北非战场，由于航空兵切断海上交通线，才迫使号称“沙漠之狐”的德军元帅隆美尔撤出沙漠。在亚洲太平洋战场，美军航空兵通过海空大战，从空中消灭日本海军主力，彻底改变了传统的铁甲巨舰的海战形式。接着，美军对日本本土进行了战略轰炸、海空封锁和空中原子弹投掷，在地面部队没有进入日本本土的情况下迫使其无条件投降。空中力量使第二次世界大战成为完全立体的、跨洲际和大纵深的战争，实现了自己的战略发展。大战结束不久，美、苏等很多国家相继建立了独立的空军。

一、航空技术的飞速发展

第二次世界大战前，各发达国家设计的战斗机已经取得了很大进步，如：由笨重的木质结构双(多)翼机改变为具有更快速度的金属结构单翼机；由固定式起落架改为收放式起落架；由开敞式座舱变为封闭式座舱；由角度固定的定距螺旋桨，改变为可适合于在不同高度和气压中工作的变距螺旋桨。机载武器、机上的仪表、通讯电台、导航设备等，亦日益改进和完善。技术的进步，促进了性能



的改善,飞机的速度、航程、升限等世界纪录不断被打破。

二战中空中的激烈交锋,促进了军事航空工业的发展,不但交战各国军用飞机的生产量急剧增加,为了夺取空中优势,列强们也在拼命地发展新技术、新装备和新武器。其中,最值得一提的是新式机载武器、雷达和机载雷达、早期喷气式飞机的出现。

(一)机载武器的飞速发展

一是航空机炮日趋完善。在第二次世界大战中,由于歼击机速度增大、飞机装甲加强和油箱加装防护设备,使得以往的小口径航空机枪对飞机杀伤的效果大大地降低。因此,研制大口径机枪和高射速机关炮成为大势所趋,新式航空机炮成了歼击机和强击机射击军械中的主要兵器,而在许多情况下,也成了轰炸机的主要兵器。20 世纪四十年代后,又出现了射速高、威力大的转膛炮和多管炮。航空机炮的口径从 20 毫米、23 毫米到 37 毫米不等,二战末期苏联甚至还研制了 45 毫米和 57 毫米的机炮。应用比较普遍的型号有苏联的 20 毫米"史瓦克"(ШВКА)机炮、HC-37 航炮,美国的 37 毫米 M-4 炮等。其中,HC-37 航炮外形尺寸长 3400 毫米、宽 215 毫米、高 415 毫米,一门炮和炮弹重 237 千克,射速 240 发-260 发/分。这种航空机炮安装在了拉格-3 歼击机、雅克-9T 飞机、伊尔-2 攻击机等多种机型上,二战期间共生产了 8090 门,为取得空战胜利做出了巨大贡献。

二是航空弹药种类增多。第二次世界大战期间,航空弹药得到迅速的发展,出现了集束炸弹、子母炸弹、穿甲炸弹和凝固汽油燃烧弹等新型航弹,航弹的重量也越来越大。英国曾制造过重达 10 吨的"大满贯"(亦称"巨响")炸弹,1945 年 3 月,英国用兰开斯特重型轰炸机将它投向了德国的比勒菲尔德铁路大桥,虽然偏离目标 20 多米,但却炸出一个 30 多米深的弹坑,产生的"地震"效果使大桥的几个横跨梁坍塌,而此前盟军曾耗费 3000 余吨常规炸弹都未能将大桥炸毁。



重达 10 吨的大满贯航空炸弹

二次大战期间,德国和美国还相继研制出制导炸弹。20 世纪三十年代末至四十年代初,德国最先研制成功并使用采用无线电制导方式的炸弹 HS-293 和 FX-1400。HS-293 有 V2 和 V3 两种型号,分别于 1940 年 5 月和 7 月研制成功,它们是在 SC-500 型普通航空炸弹上加装弹翼、尾翼和制导装置制成的飞机型无动力滑翔炸弹,重约 800 公斤。FX-1400 是一种轴对称制导炸弹,全弹重 1800 公斤,无推进系统。1944 年德国在空袭意大利舰队时曾多次使用这两种炸弹,击沉了 4.25 吨的"罗马"号战列舰。在第二次世界大战后期,美国也研制出了制导炸弹。

三是空空制导导弹的初现萌芽。1944 年 4 月,德国在世界上率先开发成功一种新式的空战武器——机载空对空导弹,其代号为 X-4 该型导弹,全长 1.98 米,弹翼翼展 0.76 米,在其尾部设有四



个对称的 X 型安定面，动力装置为一台液体火箭发动机，发射后的最大飞行速度可接近 1000 千米/小时，最大射程约 2400 米，使用高度 6400 米。X-4 型空对空导弹采用的是有线制导的方式，导线长度约为 5.5 公里，导弹离开载机后，可在飞行员的操纵下，机动追踪空中目标。德国研制这种导弹的目的主要是为了对付盟军的轰炸机群，希望它能使战斗机在盟军轰炸机的自卫火力范围外有效地将其击落。由于该型导弹研制得比较晚，生产导弹发动机的军工厂遭到空袭，因此这种导弹尚未来得及投入使用，第二次世界大战即告结束。虽然 X-4 未能在战争中派上用场，但它的出现，代表了一种全新的空战样式的诞生，为战后航空装备的演进和空战战术的变革，打下了基础。

(二)雷达和机载雷达的发明

雷达是一种用于搜索、监视与识别空中目标，并确定其坐标和运动参数的“无线电探测和测距”装置。1935 年 6 月，英国科学家罗伯特·沃森·瓦特设计出第一部实验型脉冲雷达，该雷达的频率为 12 兆赫，探测距离可达 64 千米。1936 年，英国人开始在其东南沿海地区部署由瓦特等人研制的“本土链”对空警戒雷达系统。这些雷达虽然存在着体积庞大、探测精度较差等弱点，但它们能够发现一二百千米外的轰炸机等大型空中目标，可向英军和盟军提供早期预警，为防空作战行动争取到宝贵的时间。在不列颠空战中，地面警戒雷达发挥了非常重要的作用。

鉴于雷达所具有的受天候的影响小、观测距离较远等优点，英国人决定将其搬到飞机上，用于对付敌方的潜艇等海上目标。1937 年 7 月，英国的有关部门研制出了世界上最早的机载雷达，并进行了首次空中实验，有效作用距离达到十几千米。1938-1939 年，英国设计成功 ASV 型机载对海搜索雷达和 AI 型机载截击雷达。这些无线电定位系统采用的是米波波段。尽管早期的机载雷达体积和重量均很大，探测距离较短，且可靠性也很差，但它们总算是使飞机具备了全天候能力，可以在夜间和复杂气象条件下作战，这就比对手技高一筹。

在“不列颠战役”中，德国空军的轰炸机经常在夜间对英国的城市和工业目标进行轰炸。防卫伦敦等地区的“飓风”、“喷火”型战斗机，在白天干得很好，每每将德军飞机拦截和击落于城区和工业区之外。可是到了晚上，这些战斗机就成了“睁眼瞎”，在黑暗中到处摸索，只有当探照灯的光束偶然照到敌机时，才能获得攻击的机会。为了对付敌军夜袭的飞机，英国人又专门研制了一种夜间战斗机，他们在该机上安装一台雷达，增加一名雷达操纵员。这样的截击机，在速度和爬升率等方面显然不能与单座战斗机相比。为了保证截击机的飞行性能超过轰炸机，经过分析研究，英国人决定用布莱汉姆公司生产的一种双发轰炸机进行改型设计，并将其定名为布里斯托尔“英俊战士”。

1939 年 7 月，“英俊战士”进行了首次试飞，成为世界上第一架夜间截击机。该机装两台功率为 1065 马力的布里斯托尔“大力士”星型活塞式发动机，配备有 4 门 20 毫米机炮和 6 挺 7.62 毫米机枪，火力强大，驾驶员坐在视界良好的前舱里，而雷达操纵员则位于后舱内。1940 年 11 月“英俊战士”投入使用，并第一次在深夜击落德国的轰炸机，首开利用机载雷达拦截并击落敌机的先河。此后，一直到二战结束，它都是英国皇家空军最重要的、“令人生畏”的夜间战斗机。

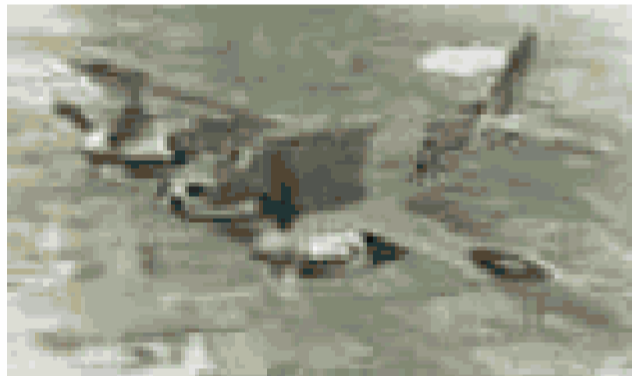
为了与英国人抗衡，1943 年 10 月，德国人开始在飞机上试装“利喜顿斯泰恩”机载雷达。尽管



其作用距离近，截获概率也不够高，但试用结果表明，这是一种很有前途的新型机载设备。1944 年 3 月 30 日夜晚，英国空军出动了近 800 架轰炸机对德国的纽伦堡实施大规模空袭，结果，被安装了“利喜顿斯泰恩”机载雷达的德国战斗机击落了 94 架。受当时技术水平的限制，开始时，机载雷达的天线大都装在机头的外面，很像分岔的鹿角。因此，此类天线被人们称之为“鹿角天线”。二战期间，一些著名的夜间战斗机，如英国的哈维兰“蚊”式 MK、德国的亨克尔 He.219A-2/R1、容克斯 Ju-88G-7、道尼尔 Do.217N-2 等飞机均采用的是这种雷达天线。



安装有机载雷达的世界首架夜间截击机——英国的英俊战士



二战名机——英国蚊式

1940 年 2 月，英国人研制成功多腔磁控管，为机载雷达跨入微波波段创造了重要的条件。1942 至 1943 年，英国和美国合作，相继开发出了 H2S,H2X ,SCR-520,SCR-720,AN/APQ-7 等型号的轰炸和截击雷达，并投入使用。二战后期，这些机载雷达在完成轰炸、截击、反潜等任务中发挥了一定的作用。某些夜间战斗机，如美国诺斯罗普公司于 1943 年开始生产的 P-61“黑寡妇”、道格拉斯公司研制的 P-70、英国的“英俊战士”的改进型等，其配备的截击雷达的天线已安装在机头的雷达罩内了。



二战名机——美国黑寡妇

P-61 是美国为夜间作战而专门设计的第一种飞机，它的尺寸相当于一架中型轰炸机。该机有多种改型，其中 P-61C 的翼展为 20.2 米，机长 15.1 米，机高 4.47 米，机上装有两台 2800 马力的活塞式发动机，最大起飞重量 18.3 吨，最大飞行速度 692 千米/小时。P-61 飞机上设有驾驶员、雷达操纵员和射击



员，配备有4门20毫米机炮、4挺7.62毫米机枪，还可挂4枚725千克的炸弹。由于它们主要在夜间作战，因此，全身都涂敷着黑漆，因此人们将其命名为“黑寡妇”。1944年7月，P-61飞机在南太平洋上空执行了首次作战任务。该机以其优异的夜战性能，受到了美军的青睐，很快便取代了技术不够成熟的P-70等型飞机，而成为美国陆军航空队的标准夜间战斗机。



“P-61”机载雷达

随着岁月的流逝，目前，“黑寡妇”这种二战期间的名机，在世界上仅存几架。北京航空航天大学飞机陈列场保留有一架。该机已成为稀世珍品。

（三）早期喷气式飞机的诞生

飞机发明成功后不久，便有人提出了喷气推进的设想。二次大战前，英、德、意、美、苏等国都在积极探索喷气式发动机的原理和设计。在这场竞赛中，英国人和德国人处于遥遥领先的地位。1930年1月，英国空军军官F.惠特尔获得了涡轮喷气式发动机的专利。1937年4月12日，由他领导研制的世界上第一台离心式涡轮喷气发动机开始进行台架试车，其推力为200多公斤(2千牛)。然而，他还是比德国人晚了一步。这一年的3月，由J.P.冯·奥亨等人设计的第一种涡喷发动机HeS-3B已在德国运转成功。HeS-3B为轴流式喷气发动机，最大推力约500公斤。

1939年8月27日，德国人试制的世界上第一架涡轮喷气式飞机——“亨克尔”He.178，进行了一次划时代的试飞。该机采用硬壳式铝机身和全木质机翼，动力装置为一台HeS-3B发动机的改进型。它的最大速度可达700千米/小时。1941年5月15日，英国的第一架涡轮喷气式飞机——“格洛斯特”E28/39，也飞上了蓝天。该机的动力装置为一台F惠特尔设计的W-1发动机，其最大推力达6.5千牛。同年12月，意大利的CC-1,CC-2涡轮喷气式飞机，亦完成了从米兰到罗马的飞行。



世界第一架喷气式飞机——德国亨克尔

1942年7月，亨克尔的竞争对手，梅赛施密特终于研制出了世界上第一种实用的喷气式战斗机——Me.262。该机连续创造了世界飞行速度纪录，最大平飞速度达到了惊人的850千米/小时。与同期的活塞式战斗机相比，Me.262A-1a的某些性能是超一流的，在飞行速度、高度和低空性能等方面，占有一定的优势，是个令人生畏的对手。在一次空战中，6架Me.262曾创造了在数分钟内

连续击落 15 架 B–17 轰炸机的纪录。

二战中，盟军装备使用的唯一的喷气式战斗机，是由英国格洛斯特公司于 1943 年开发成功，1944 年投入批量生产的“流星”MK.I 及其改进型“流星”MK. DI。该型飞机在世界空战史上首创了用喷气式飞机成功拦截德国 V–1 飞航式导弹的战例。

不过，诞生于的二战后期的早期喷气式战斗机，由于技术尚未成熟，其可靠性以及飞行品质，则还存在着一些缺陷，而且早期的涡喷发动机的推重比小，耗油率高，飞机的航程和作战半径并没有多大提高，甚至还不如最先进的活塞式战斗机，因此其生产量不大，战绩也不显著，没能改变活塞式战斗机一统天下的局面。



早期喷气战斗机



早期空空导弹

二、空中力量在二战中的主要运用方式

二战中，逐渐形成了空地结合的闪击战、空战和防空作战、战略轰炸、航空母舰海空对抗等空中力量运用方式。

（一）空地结合的闪击战，制对方于地面

德国的“闪击战”曾经在各场战争中特别是战争初期取得了巨大成功，给各国的反法西斯战争造成了极为不利的局面。其主要作战方式是将地面集群坦克大纵深机动突击与空中轰炸、空中火力支援紧密结合，强调“空中决战必须先于地面决战”，经过充分准备后，乘对方不备进行突然袭击，以空袭对方空军基地和空战的方法，一举夺取制空权，奠定空中优势，然后突击对方交通线，阻止对方增援和补给，直接对地面部队进行火力支援。德国空军最先解决了空军和地面部队协同作战问题，它在闪击战中最先使用了坦克集团军在强大的航空兵支援下高速突破和大纵深推进的方法，对加速战役战斗进程起到了重要作用。如 1939 年 9 月 1 日，德国空军采取奇袭和集中兵力的方法，开战第一天就轰炸了波兰一线的所有机场，基本上夺取了制空权，使波兰空军再也无法实施有组织的抵抗；之后又使用“斯图卡”俯冲轰炸机猛烈突击波兰守军，摧毁其坦克和防御工事，支援

德军的装甲部队高速突击;对撤退的波兰军队进行空中阻滞,通过突击桥梁、渡口和重兵集团,使后退的波军处于绝境;对波兰首都华沙进行不断的轰炸,迫使波兰在 9 月 27 日即宣布投降。1941 年 6 月 22 日,德军故技重演,以"闪击战"对苏联发动突然袭击,第一天就以突然的突袭行动击毁苏联飞机 1811 架,并掩护其机械化部队向苏联境内推进了 20-50 公里,使苏军蒙受重大损失,处于极其被动地位。



德国斯图卡飞机



闪击战中的德军飞机



斯图卡俯冲投弹

(二)空战和防空作战

轰炸机虽然是空中火力突击的主力,但由于体形庞大、自卫能力和机动能力弱,必然成为对方战斗机攻击的"软肋",因此轰炸机一般都要有战斗机进行护航,于是,作战双方战斗机之间的空中大战,就成为主宰天空的重要途径。

歼敌于空中,主要有两种方法。

一是防空作战。莫斯科防空作战、伦敦防空作战都是规模庞大的著名战役。如莫斯科防空作战中,苏军建立了由航空兵、高炮、高射机枪、拦阻气球、警戒雷达、对空监视哨等组成的严密的火力配系,1941 年 7 月至 12 月间,德空军共出动飞机 7146 架次,得以蹿入莫斯科市的仅 229 架,而苏军共击毁德机 1400 余架,首次夺取了莫斯科方向的战役制空权,对莫斯科大会战的胜利起到了重



要作用。在 1940 年进行的伦敦防空作战中,英国皇家空军起初只有 700 来架战斗机,而他们要面对的却是德国空军元帅戈林指挥的 2600 架轰炸机和战斗机。结果,骄横不可一世的德国空军惨败,1733 架飞机被击落,6000 多名飞行员阵亡或被俘。



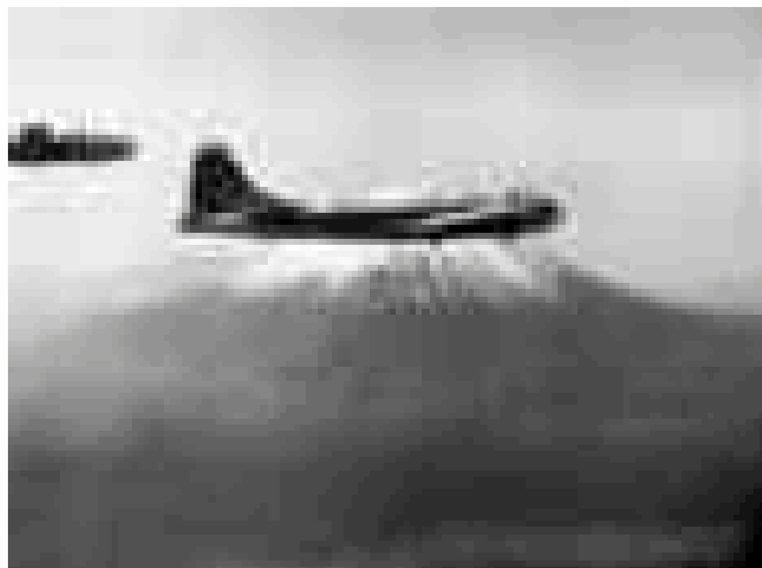
库班空战

二是空战。二战中,苏军和德军进行的人类战争史上最为壮观的空中大战。如在 1943 年 4 月 17 日至 6 月 7 日在库班地区爆发的三次大规模空战中,总共进行了 734 次空中交战,经常在一天时间里进行 60-80 次机群空战,每次空战同时都有几十架飞机参加,空战极其激烈。结果苏军大胜,德军共损失飞机 1100 架,其中有 835 架是在空中被击毁的,苏军共损失 296 架,不仅胜利地夺取了该地区制空权,并为夺取苏德战场上的战略制空权铺平了道路。1943 年 5 月到 7 月,苏军和德军又在库尔斯克进行了大会战,在会战中,有时一天之内苏德双方就发生了 250 多次空战,最多时,一次空战就有 200 至 350 架飞机参加。会战的结果,是德国空军被彻底击溃,德军共损失飞机 3700 多架,其中有 3400 架是在空中被击落的,从此苏联终于夺取了苏德战场上的战略制空权。

(三)战略轰炸

战略轰炸的目的在于摧毁对方工业、能源、军工体系,破坏城市生活设施,打击民心士气,釜底抽薪,使对方丧失战争潜力。二战中大规模的战略轰炸主要有三次:一是 1940 年至 1941 年不列颠之战中德国对英国的轰炸;二是 1940 年至 1945 年英、美对德国的战略轰炸;三是 1944 年至 1945 年美国对日本的战略轰炸。实践表明,战略轰炸虽然并未像杜黑、米切尔预言的那样,仅仅依靠对城市平民和工业体系的战略轰炸就能很快决定战争胜负。但是战略轰炸对于削弱敌方战争潜力、尽快结束战争起到了至关重要的作用。如从 1944 年 5 月至战争结束,美英对德国的 135 个石油工业目标进行了 555 次轰炸,使德国的石油工业遭到严重破坏:1944 年第一季度德国合成汽油的月产量为 50 多万吨,到第四季度已下降为 16.8 万吨,德国空军、海军和摩托化部队赖以生存的血液几近枯竭。1944 年 11 月到 1945 年 7 月底,美军使用从关岛基地起飞的 B-29 战略轰炸机和航母编队舰载机对日本进行了全力以赴的大轰炸,日本有 1600 余架飞机被击毁、148 艘舰船被击沉或击伤、约 1500 艘运输船被击沉或重创,日本死伤人数达到 71 万以上,炼油工业生产下降了 83%,飞机发动机生产下降 75%,电子装备生产下降 70%,有效摧毁了日本的战争根基。美军在广岛、长





美军轰炸日本东京



美军轰炸日本东京后场景



美军对德国的轰炸

崎空投的两颗原子弹,更是直接加速了日本军国主义的灭亡,其空中力量功不可没。

(四)航母舰载机海空大战

随着航空母舰和作战飞机的快速发展,二战中出现了新的海战形式,海战不仅是传统的巨舰重炮之间的攻击,而成为舰载机之间的殊死搏斗。这一点,在美国和日本在太平洋战争中表现得最为明显,如日本偷袭珍珠港、美日珊瑚海和中途岛之战等几次重要战役,都是航空母舰上的舰载飞机起了决定性作用。特别是 1942 年 5 月的珊瑚海海战,是航空母舰之间爆发的第一次交战,海战实际是双方在海上的空战和从空中对海上目标的突击。战列舰往往还在战区 30–160 公里之外。

航母舰载机海上作战的基本方法一般是,航空母舰首先出动侦察机进行海上搜索侦察,率先发现对方航空母舰的一方,立即派出携带鱼雷或炸弹的轰炸机和战斗机进行攻击,对方则出动战斗机进行拦截,并以舰上的火炮、高射机枪等进行末端拦截。如 1942 年 6 月中途岛之战中,美军出动了陆基的 B–17 重型轰炸机、舰载的"复仇者"鱼雷机等组成的机群前往攻击日军舰队。首先发现



日本偷袭珍珠港



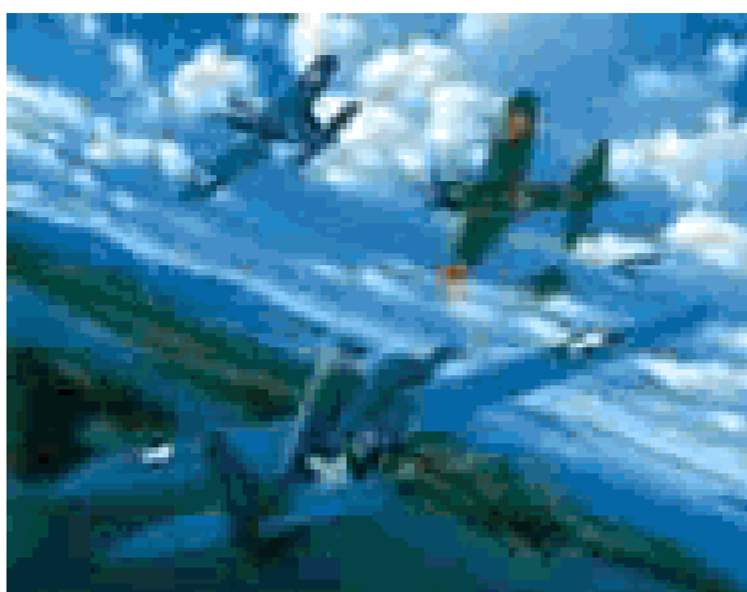
珍珠港内中弹后将倾复的美军战列舰



太平洋上空的空中堡垒



飞机投放鱼雷攻击对方战列舰



美日海上空战



“复仇者” 鱼雷机





中途岛海战



中途岛海空大战

美国 B-25 轰炸机正中目标



俯冲轰炸机实施攻击

日舰编队的鱼雷机牵制了日本“零”式舰载战斗机群，为后来俯冲轰炸机的攻击开辟了道路。当 50 架俯冲轰炸机到达日舰编队上空时，已经没有 1 架日机进行拦截，结果转瞬间之间就击沉了日军的 3 艘航空母舰，另 1 艘被击伤，于 3 天后沉没。这场用飞机打赢的海战，成为太平洋战争的转折点。

战争实践使人们深刻认识到：在陆地、海上和空中的任何战场上，要获得作战的胜利，夺取空中优势是必不可少的重要条件，这是第二次世界大战最主要的经验教训。

三、二战中的王牌飞行员与名牌飞机

历经战火的考验，那些技高一筹的战斗机，功成名就，成为交战双方克敌制胜的重要武器。因此，多数优秀战斗机的产量都非常大，有不少机型达到 10000 架以上。其中，由英国著名飞机设计师 R.J.米切尔设计的“喷火”式战斗机共生产了 20 多个型号、22000 架；霍克飞机公司制造的“飓风”战斗机，产量也达到 14000 架；而德国的“梅塞施米特”Me.109E 战斗机的数量甚至超过了 30000 架。到 1945 年时，美国已建立起庞大的机群：陆军航空队有 245 个大队，72726 架飞机，海军航空兵有 41480 架飞机，美军拥有飞机总数量超过 11 万架，成为历史上规模最大的空中力量。

在激烈的空战中，出现了许多优秀的王牌飞行员，如三次苏联空军英雄称号获得者，参加空战 120 次，打下敌机 62 架的阔日杜布；英国二战时公认的头号王牌，击落飞机 38 架半的加米斯·约翰逊；法国的空中勇士，使 33 架敌机折翼的佩尔瑞·克洛斯特曼；德国的超级杀手，创下空战史上个人





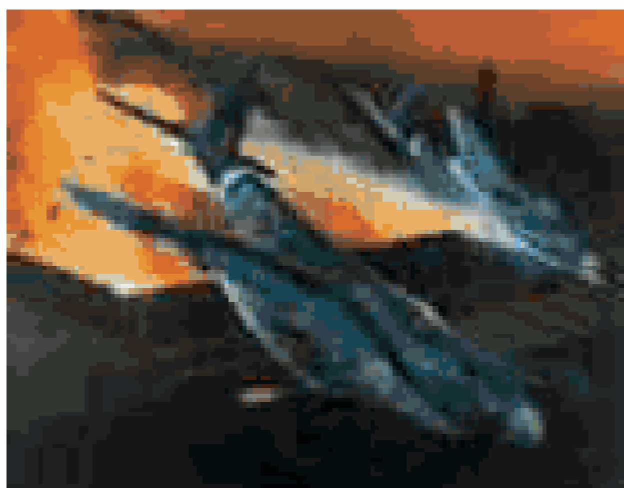
阔日杜布



埃里希哈特曼

战果世界纪录的埃里希·哈特曼，其击落的飞机达到了惊人的352架。美国海军航空兵中歼灭敌机最多的是大卫·S.麦坎贝尔(战绩约为40架左右)，而中国空军位居前两名的王牌是刘粹刚(获得13次空战胜利)和柳哲生（战果为11又三分之一架)。伴随着这些王牌飞行员的是著名战斗机，如英国的“飓风”、“喷火”、“蚊”式；德国的“梅塞施米特”Me.109、福克-沃尔夫FW-190；美国的P-38“闪电”，P-40“战鹰”、P-51“野马”、F4F-4“野猫”，F4U-1“海盗”；日本的“零”式；苏联的伊-16，雅克-3、米格-3、拉-7；意大利的马基MC.205等。上述机型，均因性能出色、战绩优异而名噪一时。

“飓风”由英国霍克飞机公司最具创造性的设计师西德尼·卡姆爵士牵头设计，它是大不列颠生产的第一种可收放起落架、最大平飞速度超过500千米1小时的战斗机。该机采用常规后尾式气动布局，其动力装置为一台最大功率达1043马力的水冷式活塞发动机。这种下单翼半金属轻型飞机的翼展为12.20米，机长约9.55米，起飞重量2924千克，最大飞行速度520千米/小时，升限



英国蚊式战斗轰炸机



英国喷火式战斗机



日本伊16战斗机



日本零式战斗机

几种二战名机



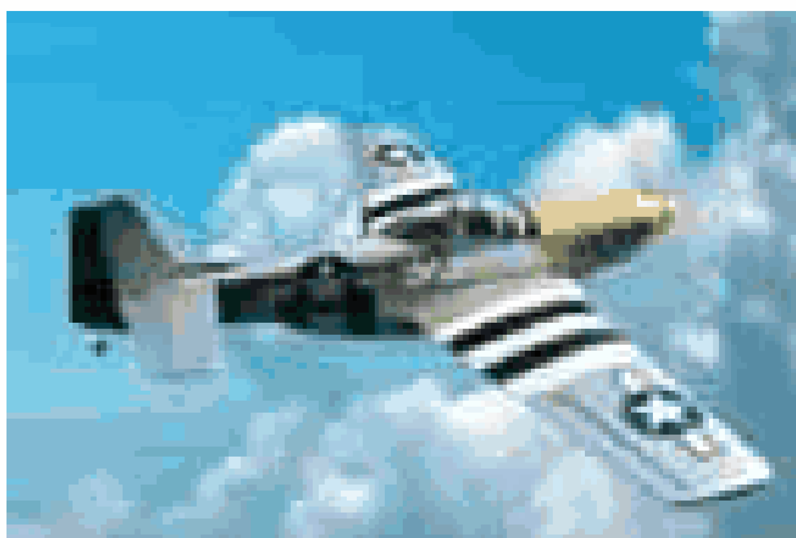
10424 米，转场航程 1040 千米。



英国飓风战斗机

“飓风”的首架原型机于 1935 年 11 月试制成功，1936 年 6 月投入批量生产，1937 年底，“飓风”MK-1 型战斗机正式装备部队。这种战斗机在座舱四周敷设有装甲，其机载武器主要为 8 挺 7.62 毫米的勃朗宁机枪。后来，在“飓风”MK-1 的基础上又开发出了 20 来种改进型，更换了功率更大的发动机和火力更强的武器系统，使其作战性能大为提高。改进后的“飓风”的最大飞行速度超过了 600 千米/小时。这种飞机刚一进入部队服役，就赶上了第二次世界大战，从而给了它一个“扬名立万”的机会。如 1940 年 9 月 15 日，英国皇家空军出动 300 架“飓风”、“喷火”式战斗机，与入侵的德国轰炸机和护航飞机在蓝天上展开激战。结果，英军战斗机打出了威风，一举击落敌机 185 架。英国首相丘吉尔称这一天为空战史上前所未有的激战日。后来，英国政府将 9 月 15 日定为“大不列颠空战节”，以示庆祝。

在二战中，美国人制造的 P-38“闪电”是一种与英国的“飓风”、“喷火”等齐名，且在某些方面性能更佳的战斗机。P-38 这种采用双发、双尾撑、双立尾外形结构的飞机，是由美国洛克希德公司的著名设计师约翰逊领导研制的。该机在机头中心线附近各配有一门 20 毫米机关炮和 4 挺 12.7 毫米的机枪，火力强大，且瞄准射击容易。其动力装置为两台 1000 多马力的 V-1710 系列水冷式活塞发动机，独特的外形和较大功率的动力装置，使之空战机动性极佳。P-38“闪电”式战斗机于 1939 年 1 月 27 日首次试飞，1941 年 3 月装备部队，到 1945 年停产时，共生产了近万架。该机的服役，使美国陆军航空兵首次有了最大飞行速度超过 650 千米/小时的战斗机。



美国 P-38 闪电战斗机

1942 年初，P-38“闪电”正式投入使用，无论是在欧洲战场，还是太平洋战场，这种飞机都有良好的表现。美国陆军航空兵的两位名列前茅的空中英雄理查德少校和麦奎尔少校都是驾驶 P-38 飞机创造优秀空战纪录的。其中，理查德在 200 次战斗飞行中，共击落敌机 40 架（内含零式战斗机 8 架、一式战斗机 18 架），而栽在麦奎尔手下的敌机则有 38 架。最让 P-38 扬眉露脸的一仗，是 1943 年 4 月 18 日击毙日本海军大将山本五十六的战斗。



此役,美国海军飞行员兰菲尔上尉等人驾驶P-38,在所罗门群岛的巴拉尔上空,一举将这个策划偷袭珍珠港的罪魁祸首的座机击落。山本五十六当场丧命,使美国人终于报了一箭之仇。

在中国的抗日战争中,P-40"战鹰"是名气最大的战斗机之一。这种由寇蒂斯·莱特公司于40年代初研制成功的单发轻型战斗机,空战火力较强,综合性能优异,与日本制造的"零"式飞机不相上下。该机的机动性能和升限不及"零"式,但飞行速度比"零"式快,并且机体更加坚固。P-40采用下单翼、后尾式气动布局,翼展11.38米,机长9.58米,机高3.23米。其动力装置为一台1040马力的艾利逊V-1710-33型12缸水冷式活塞发动机,起飞重量3450-4240千克,最大速度565-608千米/小时,升限8000-10000米,航程1300-1500千米。该机可挂载300千克左右的炸弹,机上武器主要为4-6挺12.7毫米的机枪。1941年8月1日,在时任中国航空委员会顾问的陈纳德的组织下,中国空军美国志愿航空队正式成立,随即参加对日作战。该队下辖三个战斗机中队,装备P-40B型活塞式战斗机。志愿航空队所属战斗机的涂装颇具特色,好似一只张着大嘴的猛虎,其队员佩挂"带着飞翼的老虎"的标志,因而被人们称之为"飞虎队"。1941年12月20日,"飞虎队"与日军航空兵首次交战。当日,驻越南的日军起飞了10架"三菱"式轰炸机企图袭击昆明。骄横的日军十分轻敌,其轰炸机群竟没有战斗机护航。当敌机飞到距离昆明东南50千米上空时,24架"飞虎队"的P-40队起飞拦截,双方展开激战。结果,10架日机被击落9架,而"飞虎队"的P-40无一损失,大获全胜。



美国P-40战斗机



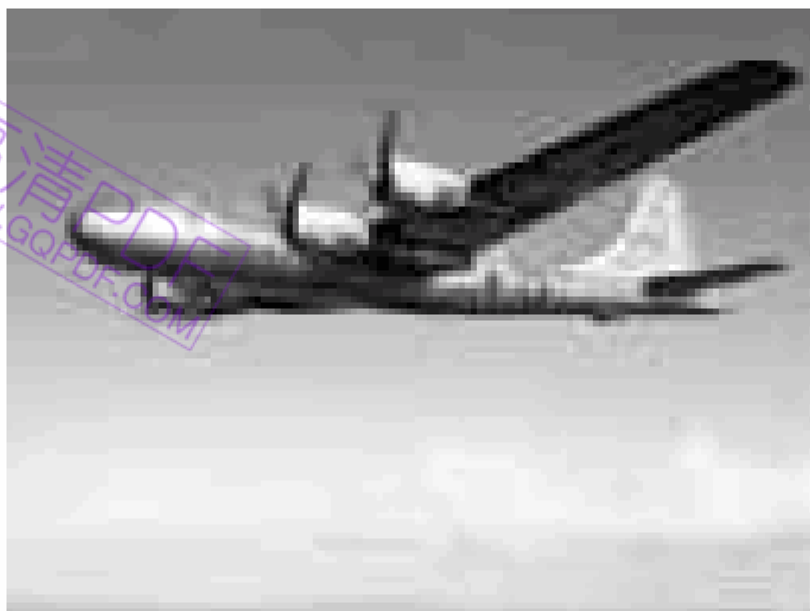
P-40前的飞虎队队员们

第二次世界大战期间,性能最全面、最优秀的活塞式战斗机应首推美国的P-51"野马"式。该机由北美航空公司研制,1940年投产。这种当时最先进的单座飞机,配备有4-6门机枪,可携带几百千克的炸弹,火力很强,机动性能极佳。战争期间,该机根据作战的需要,一直在不断地进行改进完善。其动力装置的功率由1200马力长到1500多马力,螺旋桨由三叶变为四叶,座舱盖也改为气泡式的。它的飞行性能亦逐步提高,起飞重量由不足4000千克,加大到5300千克;航程由1200千米增至1500多千米;实用升限由9500米,拔擢至13000米,最大飞行速度由600多千米/小时,提高到700多千米/小时。由于其性能优异,生产量大,二战过后的相当长时间内,"野马"式战斗机仍是一些第三世界国家的"宠物"。



二战末期，最为著名的战略轰炸机，当首推波音公司制造的 B-29“超级堡垒”。这种重型轰炸机于 1944 年投产并装备部队。该机翼展 43.05 米，机长 30.18 米，机高 9.02 米，它安装有 4 具单台功率达 2000 马力的 18 缸气冷星形活塞式发动机，起飞重量 64 吨，最大速度 576 千米/小时，升限 9700 米，航程 6600 千米。机上的乘员多达 10 名，可携带 9 吨以上的炸弹对敌方目标实施轰炸。B-29 的航程远、载弹量大，非常适合执行战略轰炸任务。1945 年 8 月 6 日和 9 日，向日本的广岛、长崎投掷原子弹，正是该机所为。

综上所述，二战期间活塞式战斗机的发展非常迅速，到战争末期，其各方面的性能已几乎登临顶峰：最大速度可达 750 千米/小时左右(进入了跨音速范围)、航程达 1500-2000 千米；升限达 13000 米，载弹量达 1-2 吨。这样的技术性能，对活塞式战斗机来说，已接近极限，再要提高就很困难了。因为，速度越接近音速，飞机的阻力增幅就越大（因为机身和机翼上已出现激波阻力），需要螺旋桨提供更大的拉力。但遗憾的是，此时螺旋桨的效率也在急剧下降，已不是增大活塞式发动机的功率所能解决的问题了。



向日本广岛投掷原子弹的飞机——美国的 B-29 轰炸机

“山穷水尽疑无路，柳暗花明又一村。”就在活塞式战斗机遇到难以逾越的障碍时，一种新型的动力装置——涡轮喷气式发动机在第二次世界大战期间诞生了。虽然由于当时的技术还不成熟，早期喷气式飞机数量少、优势不明显，未能影响战争，但是它的出现，为人类航空事业带来了曙光，昭示着一个崭新的时代——喷气时代即将来临。



二战中德国的重型运输机



第四章 高速的开端
——第一代喷气式战斗机的崛起

从 20 世纪 50 年代初开始,雄霸天空多年的活塞式战斗机,迅速被性能更加优越的喷气式战斗机所取代,其更新速度之快,在历史上实属罕见。有些国家(如中国)在很短的时间内便由于大批换装喷气式战斗机而实现了跨越式发展,一跃成为空军强国。

一、第一代亚音速喷气飞机逐渐成熟

喷气式战斗机的真正崛起,是在 20 世纪四十年代末、五十年代初。但由于二战后世界上出现了东西方两大阵营的对峙格局,在航空领域,也由群雄纷争,逐步演变为以美、苏两国为首进行角逐的局面。当时,虽然一些欧洲国家也研制和生产出了自己的第一代喷气式战斗机,如英国的"猎人"、"蚊"、"标枪";法国的"秃鹰"、"神秘";瑞典的 Saab-32 等,但美国和苏联通过夺取德国的航空人才和资料,以及从英国引进技术,迅速成为喷气时代航空界的两大霸主。

美国人研制的 F-80 喷气式战斗机是美军第一种装备部队的喷气式战斗机。F-80 采用平直梯形翼,翼尖挂一对副油箱,进气道位于前机身两侧,动力装置为一台 J33 涡喷发动机。继 F-80 之后,美国人于 1946 年 2 月研制成功采用平直机翼和头部进气的 F-84"雷电"式战斗机。1947 年开



美国第一代喷气式飞机——F-80



始试飞更先进的F-86"佩刀"式战斗机，该机是美国第一种采用后掠机翼的喷气式战斗机。



美国第一代喷气式飞机——F-86

苏联人研制喷气式战斗机的时间比美国晚，直到1946年4月24日，才同时试飞成功其早期的米格-9和雅克-15喷气式战斗机。这两种飞机均采用平直机翼，其动力装置都是仿制德国的产品，但产量不大。苏联设计的最成功的第一代喷气式战斗机，当首推米高扬设计局开发的米格-15。该机的设计工作始于1946年。1947年6月2日，这种采用后掠翼的战斗机首飞上天。其原型机选用的动力装置是从英国进口的"尼恩"发动机。经过改进的米格-15比斯，成为前苏军在上个世纪50年代初的主力战斗机。随后不久，米高扬设计局又开发出一种性能更好的高亚音速战斗机——米格-17，并投入使用。

较二战期间使用的活塞式战斗机和不成熟的喷气式军用飞机，世界上第一代实用喷气式战斗机的性能有了很大改善，尤其是在最大速度、升限、爬升率、加速性等方面。二战期间，一般战斗机的最大速度在500-700千米/小时之间，升限10000米左右，而F-84、F-86、米格-15，"猎人"、"标枪"、"神秘"等型喷气式战斗机的最大平飞速度均超过了1000千米/小时。个别飞机，如F-86、米格-17等，在俯冲状态，还可以作超音速冲刺，上述飞机的实用升限，多数都可以达到15000米。

二、朝鲜战争首次爆发第一代喷气式战机的大规模交战

第二次世界大战期间的空中斗争，基本上是在活塞式飞机之间进行的。喷气式战斗机与喷气式战斗机之间的首次大规模交锋，则是发生在二战之后的朝鲜战场上。

1950年6月25日，朝鲜内战爆发。9月15日，美国政府悍然出兵北朝鲜，战火一直燃烧到鸭绿江边。美国飞机还不断侵犯中国领空，肆意对中国边境地区进行侦察、轰炸。应朝鲜政府的要求，1950年10月19日，中国人民志愿军跨过鸭绿江，与朝鲜人民军一起打击侵略者。随后，志愿军空军也参加了抗美援朝作战。

当时，人民空军刚刚组建不久，只有2个歼击机师、1个轰炸机团、1个强击机团，各型作战飞机不足200架，这些飞机的很大一部分，还要担负国土防空的任务。飞行员飞行时间最多的也只有五六十个小时，驾驶最新式的米格-15歼击机的飞行员，在该型机上的平均飞行时间只有14小时38分，技术水平不高，且没有空战的经验。而战争初期，美国投入朝鲜战场的空军、海军和海军陆战队航空兵共计14个联队(大队)，各型作战飞机1100余架，另外，还有英、澳、南非、南朝鲜空军的飞



机 100 多架。美国空、海军的飞行员大部分参加过第二次世界大战，飞行时间多在 1000 小时以上，实战经验丰富。双方对比，美军无论在飞机数量、空战技术还是指挥经验上，都占有巨大的优势。在当时的“联合国军”眼里，中国空军几乎不值一提。面对强敌，志愿军飞行员“在空战中锻炼，在战斗中成长”，取得了一个又一个的胜利。

1951 年 1 月 21 日，美空军出动 16 架 F-84 飞机，轰炸平壤至新安州一线的铁路，志愿军空军第四师十团二十八大队大队长李汉率 6 架米格-15 飞机起飞迎战，与正在轰炸清川江大桥的美军飞机相遇。空战中，李汉率队迂回到 4 架正在逃窜的美机左侧 400 米处，瞄准敌长机开炮，将其击伤。此次战斗是志愿军空军在朝鲜战场上与美国空军进行的首次空战，取得了击伤敌机 1 架的胜利。



装备苏制米格-15 喷气式战斗机的志愿军机群



美国第一代喷气式飞机——F-84

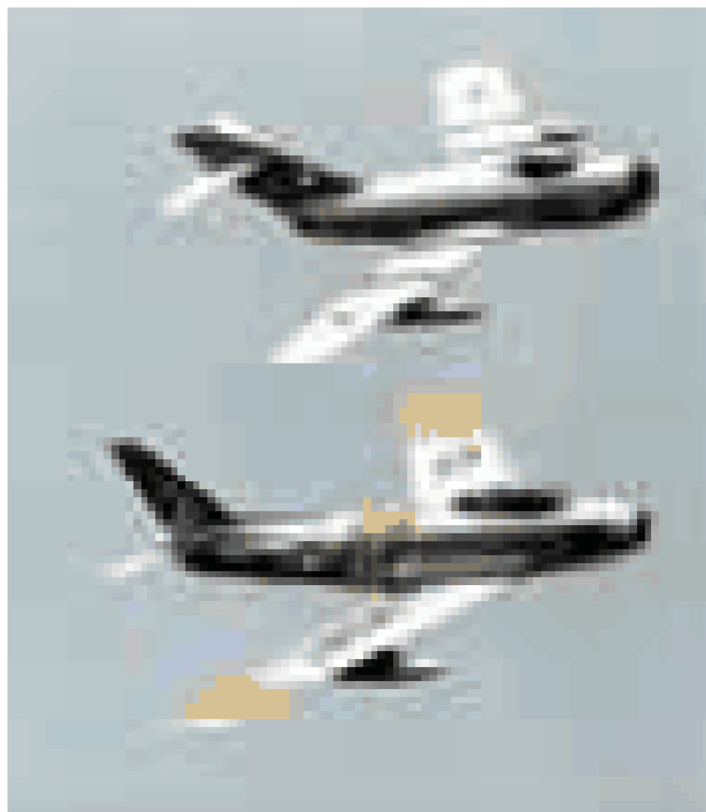


首战击伤敌机的志愿军飞行员——李汉



1951 年 1 月 29 日，二十八大队的 8 架米格-15 飞机在定州、安州上空，与企图袭击安州火车站和清川江大桥的 16 架美军 F-84 展开激战。美机分为上下两层，每层 8 架。志愿军飞行员乘美机不备，对上层的 8 架飞机发起攻击。遭到突然打击的美机慌忙分为两个 4 机向左右转弯，企图摆脱。李汉紧咬住左转的 4 架美机中的 3 号机，逼近到 400 米，3 炮齐射，当即将其击落。下层的 8 架飞机企图反扑，被担任掩护的飞机用炮火驱散。李汉率队追袭，又击伤美机 1 架,己方安全返航，无一损伤。此为志愿军空军首次在空战中击落美军飞机，它打破了美国空军不可战胜的神话，大大增强了我军信心，并为后续参战的部队提供了宝贵的经验。

在朝鲜上空进行的较量，规模日渐扩大，曾发生过双方数百架飞机在空中搏斗的历史上规模最大的喷气式飞机的空战。1951 年 9 月 25 日、26 日、27 日，志愿军空军连续三天与美军机群展开了有 200 多架次飞机参加的大空战。经过几番交锋，侵朝美军发现较老式的 F-80、F-84 不是米格-15 的对手，后来在空战中便更多地使用较先进的 F-86“佩刀”式战斗机。其每次出动的数量也由一二百架改为三四十架。





击落美国王牌飞行员的
志愿军空军英雄张积慧

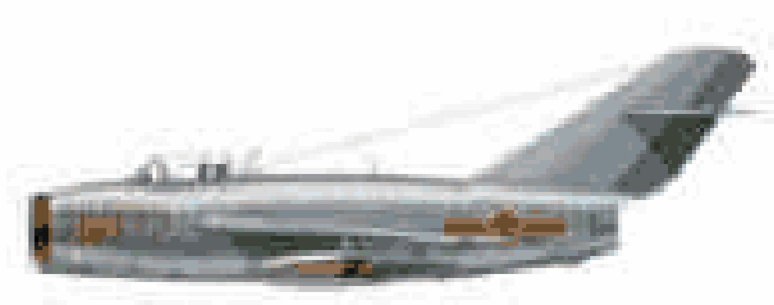
同飞在蓝天下的昔日对手
（米格-15 和 F-86）

1951 年 9 月 25 日，志愿军飞行员刘勇新单机与 6 架敌机空战，首开击落敌 F-86 的记录。在抗美援朝作战中，志愿军空军共击落敌 F-86 战斗机 211 架，约占其空战损失总数的 2/3。

1952 年 2 月 10 日上午。美机数批先后侵入平壤、沙里院和价川地区，志愿军空军第四师 2 个团奉命起飞迎战。双方在途中遭遇，互抢先机，夺占优势。十二团三大队大队长，年仅 24 岁的飞行员张积慧一举将美国空军的超级王牌飞行员戴维斯少校打入黄泉，在美国国内和军队中引起了极大震动。

1953 年 7 月 19 日下午，美空军出动一个由 168 架各型飞机组成的混合机群，企图袭击新义州和义州机场。志愿军空军采取多梯队连续出击的战法，奋勇反击。空战中，第六师飞行员沈洪江击





米格-15 比斯



米格-15

落敌机 1 架，郭树武击伤美机 1 架，第四师飞行员褚福田击伤敌机 1 架，这是志愿军空军与美国空军在朝鲜战场上进行的最后一次空战。

在朝鲜战争中，年轻的志愿军空军为掩护己方交通运输，保卫重要目标安全，做出了重要贡献，为取得最终胜利，立下了卓著功勋。美国空军的高级将领也不得不承认，志愿军空军"在清川江与鸭绿江之间占了几乎绝对优势"。在整个抗美援朝作战中，志愿军空军表现非凡，共击落敌机 330 架，击伤 95 架。被击落 231 架，被击伤 151 架，总的战绩是 425:382，中国空军在空战中占了上风。

在朝鲜战场上性能最为优秀的是米格-15 比斯和 F-86。二者的性能各有千秋，技术互有高下，综合作战效能旗鼓相当。F-86 比米格-15 比斯稍大一些，它的最大平飞速度、滚转速度、减速性能较佳，作战半径也较大，但其在爬升率、升限、大迎角失速特性等方面则稍逊。米格-15 比斯飞机急跃升爬高的性能非常突出，当受到攻击时，它可利用这一机动动作脱离危险区。但在大角度俯冲时，米格-15 比斯的最大速度只能达到 M 数 0.95。此时，飞机已出现不稳定现象。而 F-86 在近乎垂直的俯冲状态下，M 数可以超过 1。在高空，米格-15 比斯的转弯盘旋性能要优于 F-86，但在中、低空 F-86 可能还略好一些，因此，空战时美国飞机常常采用在较低高度层游弋，等待米格飞机下来与之交战的战术。而志愿军空军的飞行员，在空战中也十分重视充分发挥自己飞机的性能，扬长避短，创新出了"一域多层四四制"等战术，取得了克敌制胜的效果。

但是，总的来看，朝鲜战争期间，由于双方的空战武器均以航炮为主，大部分情况下都采用尾后攻击，其空战战术与二战时类似，并未有实质性的突破。

三、朝鲜战争后航空技术的改进

朝鲜战争中，根据实战经验教训，美、苏等大国对第一代喷气式飞机进行了技术改进：一是普遍用带加力燃烧室的涡喷发动机取代了早期的非加力型动力装置，使飞机的推重比和机动性得到提升；二是为战斗机配备了单脉冲雷达等新的搜索雷达或测距雷达，使机载雷达的探测精度、作用距离、分辨能力、抗干扰能力等都有了明显改善，战斗机具备了初步的全天候能力；三是随着第一代空对空导弹技术的日益成熟，某些改进型的第一代喷气式战斗机开始挂装这种先进的空战武器。



美国人又开发、生产了 F-89、F-94“星火”等几种全天候战斗机和截击机，并在 F-86 昼间战斗机的基础上，先后改型研制出了 F-86D 型、H 型、K 型、L 型等装有机载雷达的飞机，它们是世界上最早的全天候喷气式战斗机。其中，F-86H 是由 F 型机改进而成的一种战斗轰炸机，该机装有 AN/APG-30 雷达、LABC 计算机、A-4 瞄准具。F-86K 是在 D 型机基础上发展出的全天候截击机，1954 年 7 月试飞成功，两年后，该型机开始装备 AIM-9B“响尾蛇”导弹，成为世界上第一架可携带红外制导空对空导弹的战斗机。“响尾蛇” 在当时是一种先进的新式武器，其研制工作始于 1948 年，1953 年 9 月首次发射试验成功，1957 年 7 月装备部队。除美军外，英、法、西德等十余个国家和地区的空军也购买了这种早期的空战导弹。空对空导弹的装机使用，成为了第一代喷气式战斗机发展历程中一个新的亮点。



空对空导弹 K-5

在美国人改进、完善其第一代喷气式战斗机的时候，苏联的航空装备也同步向前发展。雅克福列夫设计局研制出了全天候的雅克-25A;米高扬设计局则在米格-15 比斯的基础上，设计出了技术更先进的高亚音速战斗机米格-17“壁画”。该机的机身有所加长，机翼后掠角由 35 增至 450，气动特性有所改善，特别是换装了带加力燃烧室的 BK-lA 发动机后，其飞行性能，尤其是中、低空机动能力，更是有了明显提高，其中的一种改进型是苏联第一种安装了雷达的全天候截击机。1956 年，苏联研制的第一种空对空导弹 K-5，投入批量生产。与美国的“响尾蛇”不同，K-5 采用的是雷达制导方式。



中国的歼五型战斗机

中国于上个世纪五十年代中期引进米格-17 的技术并进行仿制，1956 年 7 月 19 日，国产的第一架喷气式歼击机——歼 5 试飞成功，使中国一举而成为当时世界上少数几个掌握了喷气式飞机制造技术的国家之一。1960 年 3 月 15 日，新中国的第一枚空对空导弹——PL-1(即霹雳型空空导弹)试制成功。从此，我军的作战飞机也开始陆续配备导弹，这对于在刚刚建立起来的新中国，是一个相当惊人的进步。



第五章 冲突音障和热障 ——第二代喷气式战斗机诞生

虽然第一代亚音速战斗机取得了骄人的成绩，但它毕竟存在着机载设备和武器系统简单，多数不能作超音速平飞，升限、加速性和爬升率不高，航程与作战半径不大等缺点。因此，20 世纪五、六十年代，人们又研制出了速度更大、机载电子设备和武器装备更好的超音速战斗机，即第二代战斗机，其最大的特点是突破了“音障”和“热障”。

一、突破音障——将 M 数提高到 1 以上

（一）把声音甩在身后——1947 年的首次超音速试飞成功

飞机在飞行过程中，不断对空气产生新的扰动，这些扰动引起的压强变化会在飞机前方积累，从而导致空气密度发生变化。当速度提高到接近声速（约为每秒 340 米左右）时，由于飞机对前方空气扰动导致的压强变化会层层叠加，于是在机前很小的范围内，空气密度急剧增大，仿佛一面致密的空气墙壁挡在飞机的面前，这就是所谓的激波或波阻，称之为“声障”。 19 世纪八十年代末，奥地利物理学家 E.马赫对超音速运动进行了开拓性的探索。他首创用纹影仪观察超音速流动，发现了激波现象。为了纪念他，后人将飞行速度与音速之比命名为马赫数(简称 M 数)。“声障”可能会消耗发动机全部功率的 3/4。当飞机速度超过声速时，新的扰动便发生在旧的扰动之前，空气压缩和积累现象随之大大减弱，强激波会变成弱激波，波阻也随之减小。因此，飞行速度在 0.8–1.2 倍声速之间的所谓跨声速段的空气动力学问题是最棘手的。

为此，飞机设计师们以喷气发动机为基础，在外形方面研制了可削弱激波强度的后掠式机翼，在结构方面采用了高强度铝合金等方法。从 1943 年起，美国人和英国人分别开始设计其第一架超音速研究机。但到了 1945 年，英国的超音速飞机计划被取消，而美国的 X–1 研究机则进展顺利。X–1 采用一台火箭发动机，其机体呈弹头形，机翼是梯形的，翼剖面很薄，以利于减小波阻。1947 年 10 月 14 日，美国试飞员耶格尔上尉驾驶着 X–1 实验飞机在 12800 米高空，首次实现了最大速度达到了 M 数 1.015 的有人驾驶航空器的超音速飞行。

（二）实用型超音速战斗机装备部队

世界公认的首架超音速战斗机，是美国洛克韦尔国际公司研制的 F–100“超佩刀”。该机在 F–



86 的基础上于 1949 年 2 月开始设计,1954 年 9 月装备部队使用,其最大飞行 M 数 1.3,实用升限 12250 米,带两个副油箱时的最大航程 2100 千米,作战半径 500–700 千米。F–100 的主要改进之处是:为了降低激波阻力,加大了各翼面的后掠角,其机翼、平尾、垂尾的前缘后掠角由 F–86 的 35°左右,增至 45°;进气道唇口变薄,超音速飞行时的效率提高;动力装置采用一台加力推力达 7700–8100 公斤的 J57–P–21 涡喷发动机,其最大推力比 F–86 高出一倍以上,成为世界上第一架具备超音速平飞能力的战斗机。



首创超音速飞行纪录的美国 X-1 实验飞机

苏联的第一种超音速战斗机是米高扬设计局研制的米格–19 “农夫”。该机的发展路子与 F–100 类似,也是在现有的机型(米格–17 等)的基础上改进而成的。米格–19 于 1951 年开始设计,与 F–100 有不少相同的地方,如都采用头部进气、大后掠角主翼、全动平尾以及更适合超音速飞机使用的涡喷发动机等。米格–19 的推重比、最大平飞速度和升限均比 F–100 高 (前者的最大速度为 1452 千米/小时,后者为 1325 千米/小时),但其最大起飞重量和作战半径则较 F–100 小。作为第二代喷气式战斗机的早期型号,二者在技术水平方面,可说是半斤八两,实力相当。

欧洲国家发展超音速战斗机的起步时间也不晚。1954 年 8 月 3 日,欧洲第一架以涡喷发动机为动力的、平飞速度超过 M 数 1 的飞机,法国研制的“大鹰”式飞机实现了首次超音速飞行。同月,英国研制的“闪电”P.1A 超音速战斗机也进行了成功的试飞。1955 年和 1956 年,法国又相继研制出实用型的超音速战斗机“超神秘”和“军旗”。



军队列装的首架超音速战斗机——美国的 F-100





中国制造的首架超音速飞机——歼六

1958 年 12 月 19 日，随着巨大的轰鸣声，中国在米格-19 基础上研制的第一架单座全天候战斗机——歼 6 甲，滑过跑道直插云霄，它是中国(也是亚洲地区)制造的第一架超音速飞机，曾在六十年代多次打掉美蒋的高空超音速侦察机，战果辉煌，作为我军 20 世纪六十年代的主力战斗机之一，出口到许多国家。

（三）超过 2 马赫的超音速战斗机

为了研制飞得更快的飞机，科学家们采取了在进气口内安装激波调节锥和调节板等措施，大大降低了波阻并减少超音速飞行时的推力损失，从而使第二代战斗机的高速性能得以向前跨进了一大步。

1954 年 2 月，世界上第一种超音速两倍的战斗机——F-104“星”试飞成功，其最大飞行 M 数可达 2.15。但是，由于该机过分追求高空高速，致使其作战半径和起降性能受到影响，加之该机的可靠性不高，事故频仍，美国空军未大量采用。

相比之下，属于同一级的苏联的米格-21“鱼窝”和法国的“幻影”Ⅲ型飞机则比较成功。经过多次局部战争的考验，这两种飞机备受好评，成为生产、装备的一代名机。米格-21“鱼窝”是 1953 年苏联米高扬设计局开始设计的，1958 年开始装备部队，该机采用了三角翼和头部进气，可使超音速阻力大大降低，其最大平飞速度为 M 数 2.05，虽然比 F-104 低一些，但机动性其他性能大部分都优于后者。

和米格-21 齐名的“幻影”Ⅲ战斗机于 1956 年 11 月上天，该机采用无尾三角翼布局和与 F-104 类似的两侧进气方案，由于无尾三角翼布局的波阻小，因而它的高空、高速性能极佳，最大 M 数可达 2.2。但由于没有水平尾翼，该机的中低空机动性能和起降性能稍逊，但总的看作战性能较



好。

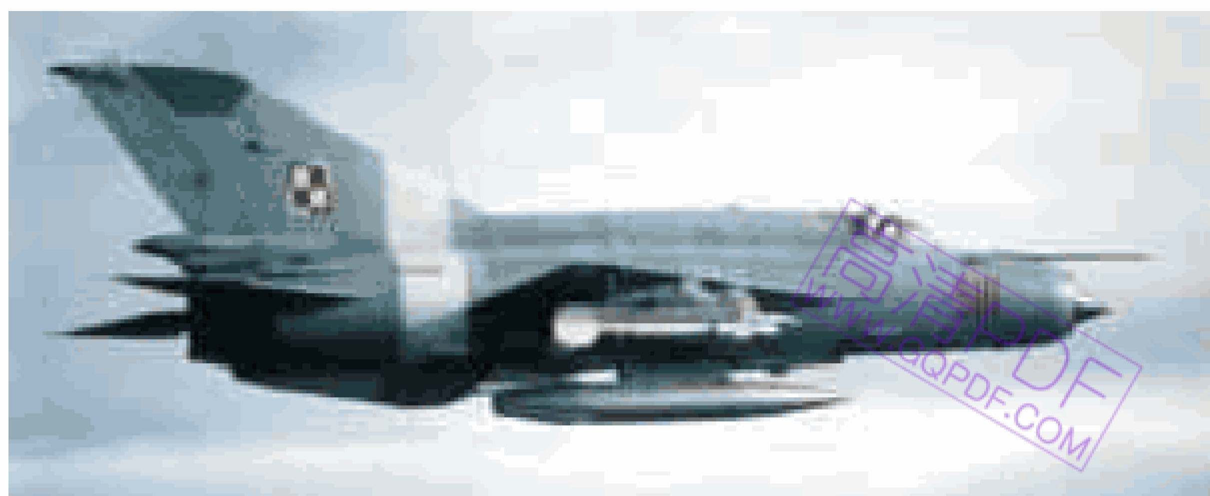
1966年1月，中国以米格-21为原型，自行生产的歼7一飞冲天，标志着中国已掌握了超音速两倍的高空高速战斗机的工艺技术。在这一年的1月3日，中国空军某部飞行员鲁祥孝驾驶歼7飞机在18300米高度，用火箭弹将一架入侵的美军高空无人驾驶侦察机击落。这是中国空军首次用火箭弹击落敌机。



世界第一种超音速2倍的战斗机——美国的F-104



法国的幻影3战斗机



苏制米格-21





米格 -21

二、突破“热障”——将 M 数提高到 2.5 以上

战斗机突破了“音障”，并达到两倍音速以后，在更高更快思想的指导下，一些发达国家便企图把飞机的最大速度进一步提高到 M 数 3 以上。这时，设计人员又碰到了一个新的难题——“热障”。

“热障”是由气动加热引起的。当飞行器在稠密大气中作超音速飞行时，受激波与机体间的高温高压气体和机体强烈摩擦的影响，飞机蒙皮的温度会随 M 数的提高而急剧上升。飞行 M 数为 2.0 时，机头处的温度超过 1000℃，而当 M 数等于 3.0 时，飞机表面的温度则上升至 3500℃左右，已超过了铝合金的极限温度，强度大大削弱。这样的飞机，其蒙皮必须用耐高温的钢或钛合金制造，并要采取适当的降温措施。航空界一般把 M 数 2.5 作为“热障”的界限。低于这一值，可用常规的方法和材料设计制造飞机;高于该值，则必须采用新的手段和新的材料。

美国人利用 X-2 研究机，在世界上率先突破“热障”。1956 年 9 月 27 日，飞行员阿普特驾驶 X-2 飞到了 M 数 3.2 的速度。随后，美国又研制出超音速 7 倍的 X-15 研究机，对如何解决气动加热问题已有了较大把握。之后，美国又研制成功 SR-71 高空侦察机，其最大平飞速度为 M 数 3.2，实用升限 26600 米。

在战斗机中，飞得最快的是苏联的米格-25。米格-25 在西方被称之为“狐蝠”，该型机的开发工作始于五十年代末，它舍弃了飞行阻力小的头部进气方案，而采用了两侧进气口，以便解放出机头，安装截击雷达。该机选择上单翼、双垂尾布局，机体和各个翼面均采用简洁的直线设计。它的主翼为中等后掠角梯形翼，平尾和立尾的翼梢，作了切角处理，以改善超音速飞行时的操控效率。位于机身两侧的巨大的可调式楔形二元进气道，可保证发动机在不同的飞行速度情况下，都能可靠地工作，为飞机提供足够的推力。米格-25 的原型机在 1964 年实现了首飞。这种超音速 3 倍、实用升限达 24000 米的战斗机，虽然给人留下了深刻的印象，但由于受到结构强度、气动特性等方面的





率先突破热障的美国 X-15 研究机



飞得最快的飞机——苏联的米格-25

限制，低空、亚音速机动性能却较差。

人们很快认识到，用巨资研制 M 数 3 一级的战斗机，并不合算。这类飞机需要采用许多先进技术和贵重的金属材料去解决“热障”问题，单机造价和使用费用太高，维修保障也很困难。尽管其高空高速的性能非常突出，但综合作战效能并无多大优势。因此，后来世界各军事强国大都放弃了研制 M 数 3 以上的高速战斗机的计划。



三、第二代喷气式飞机作战使用情况

超音速战斗机装备部队后，很快就被用于 1964 年到 1973 年的越南战争、1967 年 6 月的第三次中东战争，以及 1973 年 10 月的第四次中东战争等现代局部战争中。

在历时 8 年多的越南战争中，美军使用了所有型号的超音速飞机，多数机型具有全天候能力。其机载的新式导弹、火箭、炸弹，主要有："百舌鸟"、"幼畜"等空地导弹，"麻雀 I"、新型"响尾蛇"空空导弹，"祖尼人"、"巨鼠"火箭和"菠萝"、"气浪"炸弹以及"白星眼"电视制导炸弹等，初步具备了远程精确打击能力。此外，空中进攻机群往往分为电子压制和火力压制编队、战斗机掩护编队和轰炸机攻击编队，分工更为明确。不仅有专门的电子干扰飞机，而且还发展到所有战斗机上都加装了干扰设备，如 F-105 和 F-4C 都携带外挂式杂波干扰机，海军飞机则用回答式干扰机，每架 B-52 飞机上的干扰机也逐步增多，后期达到 15 部，另外还有 2 部接收各种信号的接收机。在对炮瞄雷达实施干扰的同时，还使用"百舌鸟"导弹攻击炮瞄雷达，以破坏高炮的瞄准系统，减低高炮的命中



F-4 战机

率。

越南空军的使用的战斗机主要有米格-21、米格-17 和歼 5。米格-21 作为先进的第二代喷气式战斗机，由于数量少，因此绝不与数量上占优势的敌机进行大规模的直接对抗，而是充分发挥机动性好的优点，灵活采用打了就跑的"空中游击战"战术。在己方地面雷达的引导下，米格-21 小分队，一般采取从敌空袭机群后方以超音速向前追赶的方法，在敌机尾部的火力死角区内发起攻击。



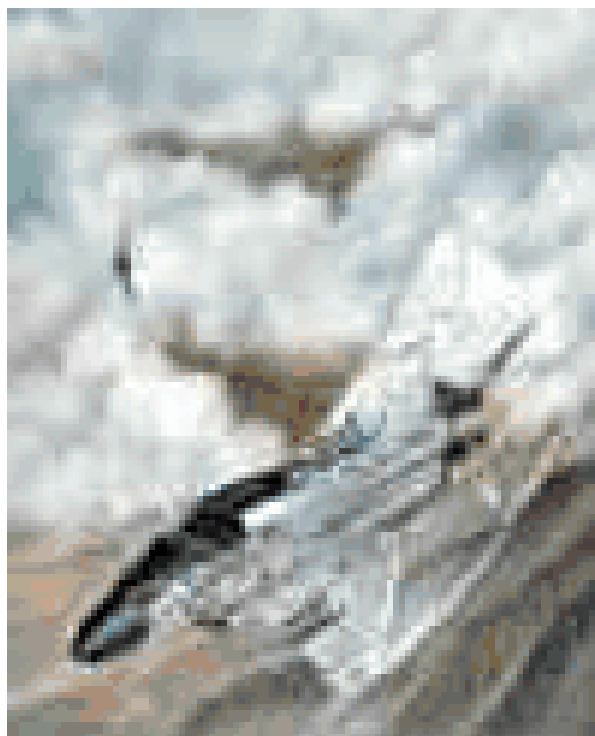
这一有效的战法，使北越空军屡屡在空战中占据上风，从1966年5月至12月的头6个月，就取得了击落美机47架，而己方仅损失12架的战绩。

与米格-21“鱼窝”交手的F-4“鬼怪”、F-105“雷公”等美军战斗机和战斗/轰炸机虽然配备有比较先进的雷达、导弹等机载设备和武器系统，但这些设备和武器主要是对付地面和空域前方的目标的，要攻击来自尾后的空中目标，则无能为力；况且美军飞机在对越南北方的目标进行远距离空袭时，一般都要携带大量的空对地导弹、炸弹、油料等载荷，飞行的性能会受到很大的影响，机动性、加速性等都变得较差，因而，空战中，它们往往不敌在家门口与之周旋的米格-21。

从第二代喷气式战机作战的实战效果来看，超音速飞行和空空导弹虽然发挥了一定作用，但并没有人们想象得那么好。因为只要进行空战，双方都只在亚音速范围内进行缠斗，超音速战斗机的机动性，有时还不如老式的亚音速飞机；而空空导弹一般都在目视范围内使用，射程较近且命中率不高。据美军1972年至1973年的统计，导弹的平均命中率只有10%左右，而航炮的命中率高达50%，即开两次炮就可击落一架敌机，而发射10枚空对空导弹，才有一次战果。特别是在大机群近距离混战的情况下，双方谁也不敢轻易使用导弹，这说明超音速飞行和空空导弹性能尚嫌不足，还需进一步发展。从战争中获得的宝贵的经验和教训，成为了孕育新一代战斗机的母床。



F-105 战斗机



美越空战



第六章 超视距攻击 ——第三代喷气式作战飞机出现

20 世纪八十年代以来，随着人工智能、隐身、推力矢量控制、超音速巡航、精确导航等技术日趋成熟，战术技术性能有了大幅度提高的第三代作战飞机出现并大量装备部队，成为高技术局部战争的主战武器。各种机载雷达、激光、红外、电视制导导弹和炸弹技术逐渐成熟并得到广泛运用。20 世纪九十年代发生的海湾战争、科索沃战争和 21 世纪初发生的伊拉克战争、阿富汗战争中，在遍布陆海空天的信息网络系统的支持下，空中力量发挥了主导作用，作战方式方法发生了巨大变化，战争形态出现了明显的信息化战争特征。

一、第三代喷气式作战飞机的特点

战争实践是新技术、新装备、新理论的催化剂。正如朝鲜战争推动了第二代战斗机的发展一样，越南战争则成为第三代战斗机起飞的跳板。美军发现，过去所追求的高空高速“纪录”，在空战中却并不实用，战斗机最大飞行 M 数达到 2 左右已足够满意了。与此同时，第二代战斗机在机动性能、作战半径、探测识别能力，以及航空导弹的射程、命中率等方面却仍存在明显缺陷，需进一步提高。

20 世纪七十年代初起，格鲁门公司、麦克唐纳·道格拉斯公司、通用动力公司、诺斯罗普公司等相继为美国空军和海军开发出了具有先进技术水平的 F-14“雄猫”、F-15“鹰”、F-16“战隼”、F/A-18“大黄蜂”等第三代喷气式战斗机。继美国之后，法国、苏联等一些航空大国也开始研制自己的第三代战斗机。新的一轮竞争，由此揭开帷幕。

第三代喷气式战斗机无论在技术上还是性能上均比上一代飞机有了阶跃性的提高。其主要标志：一是普遍采用了碳纤维、玻璃纤维等复合材料或铝锂合金，降低摩擦阻力的翼身融合体；二是采用大推重比的涡扇发动机，适合机动空战的机翼；三是具有下视能力的脉冲多普勒雷达，平视显示器、数据总线；四是安装综合机载电子系统、火控系统、电子对抗系统等先进的技术和设备；有些第三代战斗机还装有电传操纵系统、红外搜索/跟踪传感器、头盔瞄准具等新装置。尽管第三代战斗机在最大 M 数和升限方面没有什么提高，M 数多在 2 左右，升限多在 18000 米以下，但它们的水平机动性能、加速性能、短距起降性能、最大爬升率、最大使用过载、作战半径、载弹量、远距离探测



能力、超视距全向攻击能力、电子对抗能力以及可靠性、可维修性等方面均有了大幅度的改善。在同样条件下,第三代战斗机的盘旋半径约比第二代战斗机小一半;海平面瞬时盘旋角速度也从大约每秒十几度提高到每秒25度左右;起降滑跑距离从1000米缩短至600米左右;最大爬升率从150米/秒增至300米/秒上下;对空中小型目标的探测距离从三四十千米加大到100千米,甚至更远;跟踪目标的能力,也从一个扩展为多个;大部分的三代机都具备上射和下射的能力,可以同时攻击几个目标。由于微电子技术、计算机技术开始广泛地应用于飞机、发动机和机载系统上,使得战斗机的驾驶、发动机的控制、武器的操纵、目标的识别、设备的使用、特殊情况的处置等,均变得方便和容易,极大地减轻了飞行员的负担,提高了空战的效率。而由于机载设备的平均故障间隔时间延长、维修工时缩短,飞机的可用率和再次出动能力也明显增强。

第三代战机先进的机载雷达,可有效遂行高空搜索、低空搜索、速度搜索、边扫描边测距、多目标边搜索边跟踪、空战评估、敌我识别、全天候导航、地形回避、高分辨率地形测绘、对地面和海面目标进行远距离检测和跟踪等多种任务。

第三代战机先进的机载导弹能完成空中截击、对地攻击和对海攻击等任务。如AIM-120是美国研制的世界上第一种“发射后不管”的中距弹。在此之前的超视距空战，由于大多采用半主动雷达制导的导弹，发射导弹后载机必须保持对目标的跟踪和照射,直至击中目标,这就很容易遭到敌方的攻击。而AIM-120采用复合制导，发射导弹后载机可以立即脱离。这类导弹的出现,使超视距空战的战术发生新的变化。



世界上第一种发射后不管的空空导弹——美国的AIM-120



机载石墨炸弹



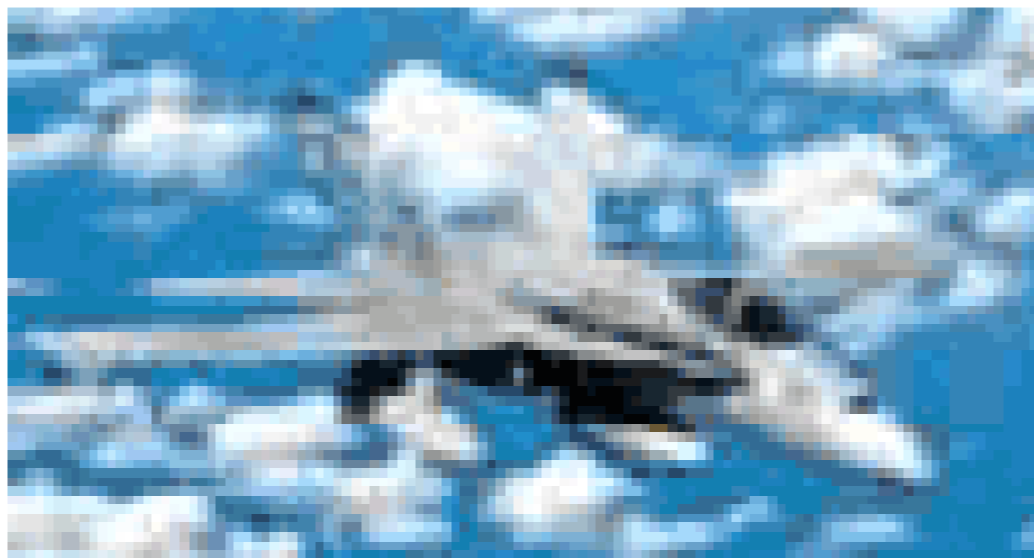
机载AGM-88反辐射导弹



第三代战机一般都能兼顾对地精确攻击任务。可携带各种激光制导、电视制导、红外制导、被动无线电制导和GPS制导的导弹或炸弹，如JDAM联合直接攻击弹药、“铺路”系列激光制导炸弹、攻击电力设施的石墨炸弹；打击计算机网络系统电磁脉冲弹、摧毁敌方雷达等电磁辐射源的AGM-88“哈姆”反辐射导弹等，这使得精确打击能力大为提高。

二、主要型号与优劣分析

第二代喷气式战斗机的种类之多，令人眼花缭乱，但除个别的机型以外，大多数都成为航空舞台上的匆匆过客。与之适成对照的是，到目前为止，世界上够得上标准的第三代喷气式战斗机的型号屈指可数，其改进型数量也不多。目前，世界各国研制成功的第三代战斗机不过十来种，如美国F-14、F-15、F-16、F/A-18；俄罗斯的米格-29、米格-31、苏-27；法国的“幻影”2000，欧洲的“狂风”，以及中国的歼10、歼11等。从服役年限来看，三代机作为主力战斗机的时间要比二代机长得多，迄今已经30多年占据了主角的地位，且大部分第三代战斗机将使用到2020年前后。下面，介绍几种典型的第三代战斗机性能。



美国FA-18战斗机



苏联米格-31





法国幻影 2000



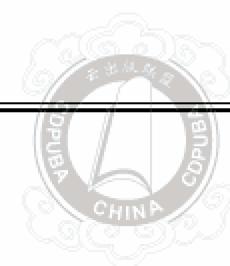
法国幻影 2000



欧洲"狂风"飞机

美国的 F-15"鹰"是目前制空能力最强的重型战斗机。它的机长 19.43，翼展 13.05，机高 5.63，最大起飞重量 25400 公斤，飞行速度可达 2.5M，作战半径 1200 千米，最大载弹量 10 吨。其主要空战武器除了 1 门 M61A1 航炮外，还可带 4 枚"麻雀"和 4 枚"响尾蛇"空空导弹或者 8 枚 AIM-120 先进中距空空导弹。该机有多种改型，如 A 型,B 型,C 型,D 型,E 型以及 F-15S/MTD 型等。其突出特点是机载设备性能好，功能全。该机配备了具有下视能力的 APG—70 脉冲多普勒雷达，探测距离 100 多千米。机上还装有先进的火控系统、惯导系统、平视显示器、雷达告警设备、电子对抗设备和高权限控制增稳系统等。由于 F-15 的敌我识别能力强，它还很少发生空中误伤事故。据称，它曾创造了取得 90 余次空战胜利，而未损失一架的纪录。

美国的 F-16 系列：是一种体形小、集多项新技术于一身的单座轻型战斗机。它的机动性能强，近距空战性能要比 F-14、F-15 强许多。它的最大起飞重量约 19 吨，最大载弹量 4.7 吨，最大平飞速度为 2.0M。1 门 6 管航炮，外部有 9 个外挂点，可挂装导炸弹、普通炸弹、空对地、子母弹箱和火箭弹等，对地攻击性能极佳。最大外挂载荷为 6890 千克，最大飞行速度 2120 千米/小时，作战半径 925-1200 千米。F-16 配备的机载电子系统相当齐全，机上安装有探测距离达 70 多千米的脉冲多普勒雷达、火控计算机、大气数据计算机、飞行控制计算机、广角平视显示器、多功能下视显示器、仪表着陆系统、惯性导航系统、敌我识别器、雷达告警系统、机载电子对抗吊舱等。不过，由于该机配备的机载雷达较小，对空中目标的探测能力和导弹的制导能力有限，超视距空战能力较弱。后期的 F-16C/D 型飞机经过改进，可挂 AIM-7"麻雀"和 AIM-120 中距空对空导弹，其超视距空战的能力已大为改观。







美国 F-15

俄罗斯的苏-27“侧卫”系列:装备有 1 门 30 毫米机炮,有 10 个导弹(炸弹、火箭)外挂点,最大载弹量 6 吨,速度 2500 千米/小时,作战半径 1500 千米。是兼具空战和对地攻击能力的歼击轰炸机。苏-27 的电子设备有:边跟踪边扫描的相干脉冲多普勒雷达和红外搜索/跟踪器及激光测距仪、告警系统、综合火控系统等,探测距离可达 100 公里,能同时跟踪 15 个以上的目标,并同时攻击其中 6 个目标。其红外搜索/跟踪器及激光测距仪可以保证雷达受干扰时探测到隐形飞机的发动机喷口红外辐射,一旦发现锁定,即可使用空空导弹进行攻击,总体效能相当不错。已先后发展出了双座型、舰载型、对地攻击型等。其中苏-35 在机身尾部还装有一部后视雷达,翼下挂载的导弹也能向后发射。这样,该机就可以 360 度对付敌空中目标。目前,世界上还没有其他的战斗机具备此等能力。苏-37 换装了带推力矢量喷口的发动机,其低速机动性几乎达到了完美的程度,它能够完成精妙绝伦的“超眼镜蛇”加倒转动作,甚至“原地打滚”动作。

歼-10 战斗机是中国自行研制的最新一代单发多用途战斗机,在国际上公认为“三代半”战机。歼-10 采用了高度综合化航空电子系统,通过计算机综合处理、集中显示,将各任务系统的操





美国 F-16 战斗机



俄罗斯苏-30





俄罗斯苏-27 战斗机



俄罗斯苏-27



俄罗斯苏-35



俄罗斯苏-37





作进行集中控制，其配备的“边扫描边跟踪”脉冲多普勒雷达的平面探测距离超过 100 公里。歼-10 战斗机有 11 个武器挂架，可挂载有效射程超过 70 公里的中距空空导弹，1 门 23 毫米航炮，近程格斗空空导弹及普通炸弹和航箭等，如果挂载光电吊舱后还具备投放精确制导炸弹及空地导弹的能力。歼-10 战斗机具备射程远、威力大、可以同时攻击多目标、抗干扰能力强、可进行空中加油能力等优点，是中国新世纪主力空战武器。

中国自行研制的三代机歼 -10





中国歼-10

三、第三代战机在近期局部战争中的主要作战方式

打得远、打得准,是历代军事家的梦想,随着航空技术的发展,这一梦想变成了现实。在第三代战斗机占据主角的海湾战争、科索沃战争、伊拉克战争、阿富汗战争等高技术局部战争中,空中力量作战的方式发生了巨大变化,主要有:

一是首先实施并贯穿始终的宽频谱、高强度电磁压制。以信息作战为先导,首先夺取制信息权,是减少己方损失,增强空袭突防能力和空袭效果的重要手段。据统计,在获得制信息权的情况下,空袭机群受对方歼击机截击的损失减 70%,受对方地空导弹打击的损失减少 30%左右。如美军空袭利比亚,整个空袭作战行动仅持续了 18 分钟,但电子战时间则长得多。在空袭中,5 架 EF-111 和 4 架 EA-6B 电子战飞机施放强烈电子干扰,并发射反辐导弹实施压制,掩护 F-111 等战斗轰炸机进行攻击,使利比亚难以组织起有效的防空行动,保证了空袭的成功。

二是隐蔽突防。采取先进隐形技术的飞机,可使普通防空雷达探测距离降低为原来的约 42%,如果加上电子干扰,雷达的探测距离只有原距离的约 18%。海湾美国 F-117A 隐身战斗机在作战中,并没有纠缠于对方的防空火力,而是超越过防空体系,直接攻击首都巴格达的战略目标。特别是随着第三代战机高技术夜视装备的大量使用,夜间战场变得对占有技术优势的一方单向透明,





EF-111 电子干扰机



F-111 战斗轰炸机



美国 F-117A 隐身飞机

而成为劣势一方被动挨打的危险时刻。海湾战争中,多国部队夜间出动飞机架次占总出动架次的70%,使得空中进攻向全天候方向发展。

三是远程精确打击。相当长的时间内,空中力量攻击地面目标的基本方法,是突破防空体系后,进入目标上空使用航空炸弹进行临空轰炸。而第三代战机主要实施远程精确打击,即进攻方将作战部署和有生力量的行动置于对方主战兵器的有效还击范围之外, 使己方在相对安全的环境下,比较从容和自由地实施单向打击。如美军每架 B-52H 战略轰炸机可携带 20 枚 AGM-86B/C/D 空射巡航导弹,射程 1000-2500 千米;BGM-109A/C/D"战斧"舰射巡航导弹射程 2500 千米;AGM-129 巡航导弹,射程 3000 千米,该机可在距目标数千千米之外实施投放,从而保证己方的"零伤亡"。在打击精度方面,伊拉克战争中"战斧"Ⅲ型和"AGM-86"D 型巡航导弹打击精度分别达到了 3 米和 5 米;JDAMⅢ型"联合直接攻击弹药",命中精度为 3 米。

四是依托于整个作战体系的超视距空战成为空战的主要方式。在第三代战机中装载的远距探测机载雷达和远距空空导弹,这使得第二代战斗机在还没有发现对方时已被锁定并击落。如果交战双方都是第三代战斗机,那么如果有一方能够用数据链与空中、地面、水面和外层空间的预警机、指挥机、侦察机、卫星、舰船、地面情报与指挥中心等紧密相联,而成为整体作战体系中的一个

"节点",而另一方属于"单打独斗"状态,那么有整个作战体系支撑的战斗机将会取得胜利。例如,尽管俄罗斯的米格-29 的综合性能不错,但它在海湾战争中和科索沃战争中却表现不佳,被击落多架,且无一战果。究其原因,主要责任并不在米格-29 本身,而是由于伊拉克和南联盟在防空预警系统方面处于绝对劣势,战斗机一起飞,就被美军空中预警机发现,从而陷入被动挨打的局面。相反,如果让米格-29 与 F-16 平等对抗,胜方很可能是前者,这已为多次空战模拟的结果所证实。



米格 -29



美军 AGM-86 空射巡航导弹



美军 JDAM 联合直接攻击弹药

第七章 隐身的超音速幽灵 ——第四代喷气式作战飞机初露荷角



现代防空体系的日渐严密和防空兵器的快速发展，促使第三代作战飞机继续迈动前进的脚步。根据近期局部战争的经验，人们感到，隐身能力、超音速巡航、超视距攻击、高机动能力、短距起降、高可靠性和可维护性等，是制胜信息化条件下空中作战的必备因素。但是，第三代作战飞机往往只具备其中的某些能力，而不具备其他方面的能力，如有的飞机隐形性能好，但飞行速度不高、自身防卫能力很差。因此，要想将各种优秀的性能集于一身，而且更加突出，并不是一件容易的事。经过二三十年的探索、论证，第四代战斗机已初登战争舞台。

一、第四代喷气式作战飞机的特点

早在第三代喷气式战斗机诞生的初期，美国就开始了对新一代作战飞机的探索，但直到 1990 年才进行了 F-22 的首飞。其另一种 JSF 联合攻击战斗机，从 20 世纪七十年代中期开始设计研制，直到 2000 年 9 月和 10 月，两架验证原型机才实现了首飞，目前仍没有装备部队。

与目前的三代战机相比，第四代战机主要具备以下特点：一是大量采用强度大、重量轻的铝锂合金、钛合金、复合材料和新型的红外和雷达吸波涂料，采取先进气动外形，如鸭式布局、隐身外形等，以极大提高其隐身能力。二是安装推重比高达 10 左右的军用涡扇发动机，提高其有效载荷和超音速巡航能力。三是载有探测距离远、功能全、抗干扰能力强的脉冲多普勒雷达或相控阵雷达，提高其探测能力。四是安装数字式电传操纵系统；综合飞行/火力/推力控制系统；高度自动化的综合防御电子对抗系统；“玻璃座舱”，即用广角全息平视显示器、两至三个阴极射线管或液晶下视显示器，取代大部分圆盘式仪表，并能比传统的仪表提供更多的信息；高精度综合导航系统和集成式远程电子控制系统；先进的故障诊断及告替系统等，以提高导航和操控能力。五是采用推力矢量喷口、半埋式挂架或全埋式武器舱、头盔瞄准具、头盔显示器、话音控制系统、触敏指令系统、红外/激光/微光综合探测系统等，以提高其攻击能力。

二、第四代战机的典型代表——F-22

目前，典型的第四代喷气式战斗机中，最引人注目的是美国洛克希德等公司生产的 F-22，其





欧洲 EF2000

他的像法国的“阵风”、欧洲合作研制的 EF2000、俄罗斯的苏-37 等，严格地说只能称为“三代半”战斗机。F-22 是 F-15 的后继机，也是美空军 21 世纪初的主力战斗机，它的主要使命是夺取空中优势，向时也具备对地攻击能力，其主要特点有：

第一，具有超音速巡航能力，这是第三代战机所不具备的。F-22 的动力装置为两台 F119-PW-100 小涵道比涡轮风扇发动机，其推重比约为 10 左右，单台加力推力达 155 千牛，这种发动机不但推力大、省油，而且可靠性和维修性都很好。因此，F-22 不用发动机开加力可在 1.5M 的速度下连续飞行 30 分钟，同时实施机动。模拟计算表明，超音速巡航对战斗机的突防和超视距空战都是非常有益的。

第二，具有高机动性和短距起降能力。F-22A 采用了新型的二元推力矢量喷口，这种装置可使发动机喷流作正负 200 的偏转，另外采用的耦合鸭翼、翼身融合体等设计，都能有效地提高飞机的机动性能。它在爬升率、盘旋角速度、滚转角速度、加速特性、短距起降等方面都优于 F-15 等第三代战斗机，有更强的空中格斗能力，并可在仅 500 米长的跑道上起降。

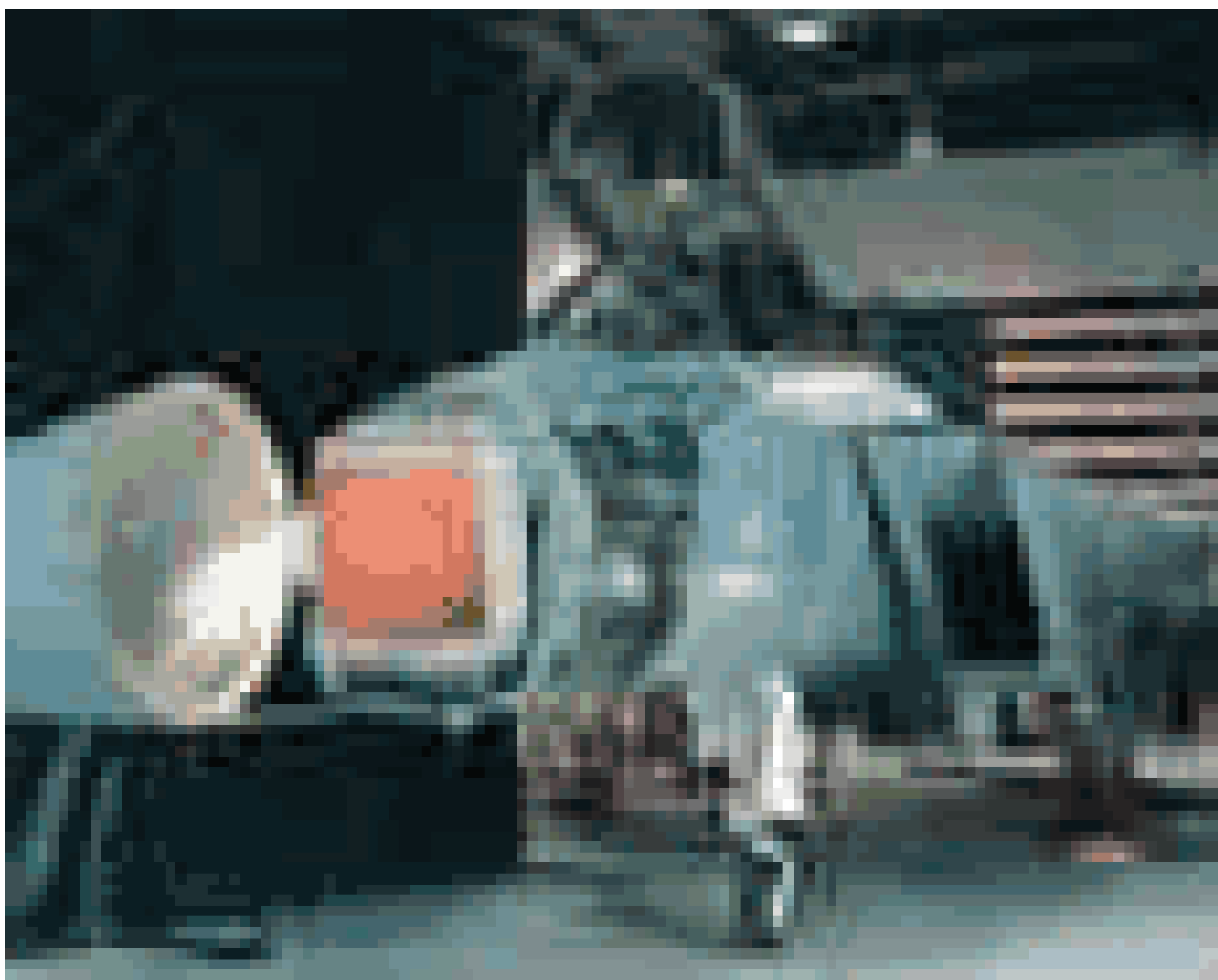
第三，隐身能力。它棱角分明的设计原则，显然借鉴了 F-117A 隐形战斗机轰炸机的特点，如机头呈棱锥状，两个进气口沿棱锥的下斜面安装，进气口截面为平行四边形，其上缘和下缘均带 48℃ 左右的后掠角，且下唇口位于上唇口之后，进气口平面前倾约 40℃ 等。此种构形可明显减小飞机的雷达反射截面积。它的雷达散射面积是 F-15 面积的几十分之一，从而突破防空体系，在空战中可以先敌发现、率先攻击，大大增强作战的突然性、隐蔽性。



第五，超视距和全向攻击能力。F-22 采用先进的 AN/APG-77 相控阵雷达，该雷达是美国第一种配备在战斗机上的固定天线雷达，它能够同时探测几个方向，可以识别 400 千米以外的目标。除相控阵雷达外，该机还将配备综合式电子战系统、综合式通信/导航/目标识别系统、光电传感器系统、惯性导航系统、辅助/告警系统等等。可挂载 6 枚 AIM-120 中距拦射空空导弹和 4 枚热寻的近距格斗空空导弹，并备有航炮。机载武器数量多、速度快、精度高，具有多目标攻击能力、超视距攻击能力、全向攻击能力和"发射后不管"能力，作战性能大幅度提高。

第六，它十分强调所谓作战适用性，包括可用性、兼用性、运输性、互用性、可靠性、出勤率、维修性、保障性、安全性、测试性、环境适应性等。如较之第三代战斗机，它的平均故障间隔时间延长一倍，维护工时缩短 20%以上，再次出动能力大为增强。

但是，从目前 F-22 装备部队后的表现来看，正在因为其技术过于复杂，也出现了一些问题。例如，2009 年 2 月，12 架"猛禽"从夏威夷飞往日本，途经国际日期变更线时，飞机上的全球定位系统纷纷失灵，多个电脑系统发生崩溃，多次重启均告失败。飞行员们再也无法正确辨识战机的位置、飞行高度和速度，随时面临着"折戟沉沙"的厄运。所幸的是，当天天气非常好，能见度没有问题，给"猛禽"加油的 KC-135 型加油机引导它们掉头返航并安全降落。后来经检查，这是电脑软件设计中未考虑越过国际日期变更线需要改变时间设置的一个小疏漏而引发大麻烦。从这些情况看，F-22 要真正成熟起来，还有一个"边试边用"的漫长过程。



F-22 的 AN APG-77 雷达



F-22





F-22



第八章 不断壮大完善的现代军用飞机家族

为了满足作战中不同用途的需要，人们逐渐制造出某种特定功能十分突出的飞机，形成了种类不断完善的军用飞机大家族，当前主要包括歼击机、运输机、侦察机、预警指挥机、加油机、电子战飞机、舰载机等。其中，歼击机（即战斗机）是发展最早、数量最为庞大的机种，以上我们所介绍的主要都是歼击机。以下对目前使用的其他主要机种进行简要介绍。

一、军用运输机

军用运输机是专门用于运送、空投军事人员、武器装备和其他军用物资的飞机。这类飞机具有较大的载重量、较强的续航能力，可承担空运、空投、空降等使命，保障地面部队及其装备从空中实施快速机动。军用运输机安装有较完善的领航和通信设备，能在昼夜间复杂气象条件下飞行，部分军用运输机还配备了尾炮等自卫武器。为了便于集装箱、车辆、武器等军用物资的装卸，在机身的后方、侧面甚至机头设有宽敞的舱门。一些采用后开式和前开式舱门的飞机，在舱门处配备了可上下转动的货桥，货桥与货舱底板相连，放下时形成一个斜坡，以便带动力的车辆等自行驶入和退出机舱。有些运输机的机舱上方还设有承力导轨和起吊装置，用于装卸那些无动力的重型装备和货物。

由于运输机具有航程远、载重量和内部空间大、安全可靠等特点，这类飞行器往往被植入许多特殊用途的设备和武器，从而成为能够执行其他使命的特种飞机。例如，在运输机的机身上部或两侧，加装预警雷达，在机身内设置以计算机为核心和指挥控制系统，就成为了空中预警机;在其翼下吊挂加油吊舱，在机身内增加燃油箱，便改成了空中加油机;如果在机身两侧配置可活动的榴弹炮、速射机关炮，在机翼下挂装空对空导弹、巡航导弹等武器，以及相关的雷达、红外探测系统等，那么，非武装的运输机，就能变为一架威力强大的空中炮舰。

现役的军用运输机按照大小和用途划分，大致可分为战略运输机和战术运输机两大类。战术运输机主要用于在战役战术范围内遂行空运、空降、空投等任务。这类运输机的载重量较小(大约在 5–20 吨左右)、航程也较短，但起降性能不错，可在前线简易机场使用。按照载重量划分，战术运输机又可分为轻型和中型的两种。轻型战术运输机的载重量大约在 10 吨以下，比较著名的机型有:





日本 C1 运输机



中国运 7 运输机

意大利的 G.222,西班牙的 CN212,日本的 C-1,乌克兰的安-26、安-32、安-72/74,中国的运 7M 等。中型战术运输机的载重量大约在 20 吨左右,目前使用较多的中型战术运输机有:美国的 C-130“大力士”、前苏联的安-12“幼狐”、中国的运 8 以及法国和德国合作研制的 C-160“协同”等。

以美国的 C-130 运输机为例,该机是美国洛克希德公司研制的一种四发多功能战术运输机,





俄罗斯安-26 运输机



俄制安-12 运输机





德法联合研制 C-160 重型运输机

其绰号为“大力士”，是世界上生产时间最长的军用运输机，也是国际公认的设计得相当成功的一种中型战术运输机。其翼展为 40.41 米，机长 29.79 米，机高 11.66 米，空机重量 34.17 吨，最大内部载油量 15.2 吨。其动力装置为四台涡桨发动机，正常起飞重量 56.4 吨，最大载重量 19 吨，最大飞行速度 620 千米/小时，经济巡航速度 550 千米/小时，实用升限 10000 多米，最大载重航程约 4000 千米。“大力士”型战术运输机自 1956 年交付美国空军服役后，几乎参加过越南战争、海湾战争、科索沃战争、阿富汗战争等美国对外的每一次军事行动，保持 40 多年长盛不衰。几十年来，为了适应军方及民用部门的需求和不同的战场环境，美国持续对 C-130 运输机进行改进，先后研制出 C-130A、O、C、D、E、F、H、K、M、J 型等运输型别，其动力装置和机载设备不断更新，性能逐步提高。该系列飞机的改型也很多，洛克希德公司利用一个基本的平台，发展出了空中预警、空中加油、气象探测型 50 多种不同用途的变型机。

战略运输机主要用于在全球范围内载运部队和各种重型装备，实施全球快速机动。从上世纪六十年代起，巡航速度高、航程远、载重量大的喷气式运输机逐步成为军用战略运输机的主力，这些远程、重型运输机的问世，为跨洲、越洋，大规模地快速运送兵力和军事装备奠定了基础，并使一些大国的军事战略思想发生了重大的变化。战略运输机的最大起飞重量在 150-500 吨之间，载重量 40-150 吨，载重航程达到 5000-10000 千米以上，巡航速度超过 800 千米/小时，这类运输机由





美国 C-130 大力神运输机



美国 C-133



于吨位太大,必须依赖大型机场。战略运输机中比较著名的有:美国的C-133“运输霸王”、C-141“运输星”,C-5A“银河”,俄罗斯的伊尔-76,乌克兰的安-124“鲁斯兰”、安-225“梦幻”等。在战略运输机中,还有一种起降性能好、载重量较大、航程较远,既能执行远程战略运输任务,又能执行战术运输任务的机型,被称为战略/战术运输机。其典型代表是美国研制的C-17。



C-17 空投物资



美国 C-17 战略运输机





C-17 空投伞兵



俄罗斯伊尔-76



俄罗斯伊尔-76

战略军事运输机中，我们比较熟悉的是伊尔-76"耿直"式运输机。该机由前苏联的伊留申设计局研制，七十年代中期投入批量生产。它的最大起飞重量达到 170 吨，最大载重量约 40 吨，最大载重航程 3600 千米，最大燃油航程 5700 千米，最大平飞速度约 850 千米/小时，巡航速度 750-800 千米/小时，升限达 1500 米。30 多年来，"耿直"式运输机经过了多次的改进和改型，性能稳步提高，伊留申设计局以此为基础，先后研制了民用型、宇航员训练型、消防灭火型、空中加油型、空中雷达载机、电子战型、通信中继型等多种型号。

目前，人类航空史上建造的最大的飞机，当属乌克兰安东诺夫设计局在前苏联时代研制的安-225 式运输机。该机于 1988 年问世，其翼展长达 88.40 米，机身长约 84 米，机高为 18.2 米。它的动力装置为 6 台 D-18T 涡扇发动机，最大起飞重量 600 吨，载重能力 250 吨。巡航速度约为 800/850 千米/小时，载货 100 吨时的航程将近 9500 千米。不过，因需求不旺，特别是经费捉襟见肘等原因，该型机最后未能正式投入批量生产，仅航行了几次便停在地面上，任人观赏和叹息。





世界最大的飞机——乌克兰的安-225 运输机

二、空中加油机

加油机是用于给航行在空中的固定翼飞机、直升机等航空器补充燃料的飞机。现役的空中加油机大多是由旅客机、军用运输机以及轰炸机和其他较大型的战斗机改装的,也有个别的是专门研制的。

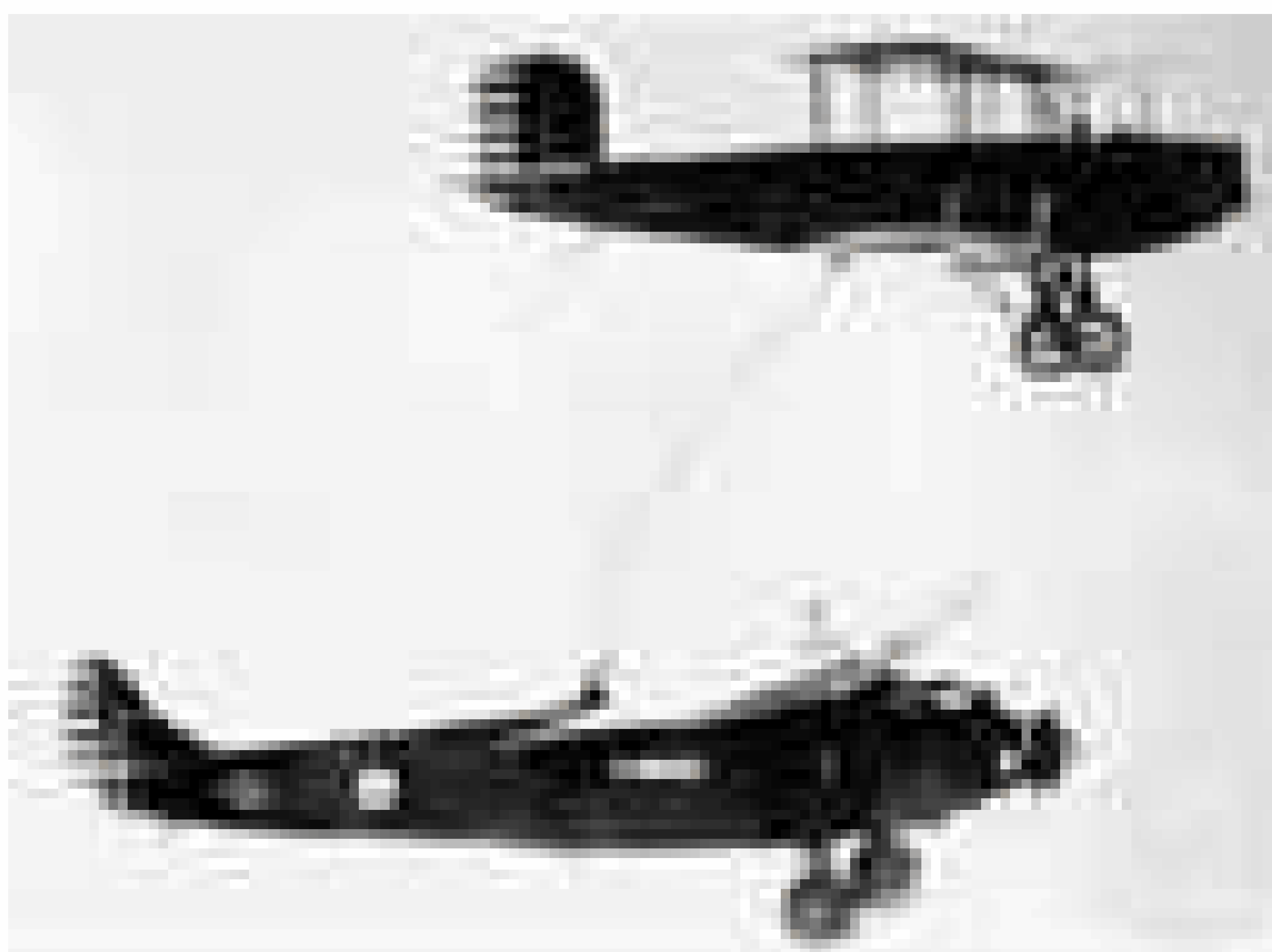
世界上最早的空中加油发生在 1923 年 2 月 27 日。当时美国陆军航空兵的史密斯上尉和里克特中尉,受命进行一次“软管”式空中加油实验演练。他们驾驶 2 架 DH-4B 双翼飞机,以保持高度差的方式,在世界上成功地进行了首次真正的空中加油:位于上方的“加油机”飞行员从机上放出一条加油软管,位于后下方的“受油机”飞行员用手抓住软管的接头,然后,将其插入自己飞机的油箱口内,依靠重力的作用,实施空中加油。在飞行途中,他们用此法先后完成了两次燃料补充。虽然当时采用的技术措施很简陋,完全依赖手工操作,效率低,且风险大,但却使受油机创下了留空时间 6 小时 38 分的纪录,几乎比原先的最大航时增加了一倍。

目前,被世界军事大国所广泛采用的空中加油装置主要有三类,一种是插头锥套式,即“软管”式;第二种是伸缩杆式,即“硬管”式;还有一种是介于“软管”式和“硬管”式之间的“软”、“硬”混合





DH-4B 第一次加油试验



DH-4B 加油试验





伊尔 -78 加油机

式,它既有伸缩杆,也有软管和插头锥套。

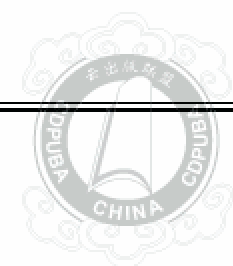
采用软管式加油系统进行空中加油的优点是:不用在加油机上设置专门的空中加油员;在一架中大型的加油机上,可以安装数套加油系统,同时为几架飞机或直升机输油;软管式加油吊舱拆装比较方便,使用比较灵活,除了能够吊挂在中大型加油机的翼下外,还可以装在小型飞机的机腹下,为同型飞机进行加油。软管式加油系统的主要缺点是加油速度较慢,输油率仅为伸缩杆式加油系统的三分之一;加油软管受大气紊流的影响比较大,在恶劣的气象条件下难以安全地进行空中加油。

伸缩杆式(硬管式)空中加油系统主要由伸缩管、压力供油机构和电控指示装置等组成。其优点是在实施空中加油的过程中,对受油机及其驾驶员的要求比较低;供油速度快,每分钟可为受油机加油 6000 升左右。硬管式加油系统一般装在大型加油机的机身尾部下方,因此,它一次只能给一架飞机输送燃料,且不能给直升机进行空中加油。

这两种空中加油方式,在实施过程中各有其不同的特点。一般来说,采用软管式加油系统,受油机是“主动”的,加油机是“被动”的。在进行空中加油时,无论是双方的接近、“编队”,还是受油管

美国V-22“鱼鹰”倾斜旋翼飞机空中加油

与加油锥套的对接、分离，主要依靠受油机飞行员的操纵，而加油机只需放出加油软管，并保持稳定平飞就行了。采用硬管式加油系统，情况正好相反，加油机处于“主动”地位，而受油机则处于“被动”的地位。受油机到达加油机后下方的适当位置后，飞行员只需注意保持与加油机之间的距离和高度差，稳定飞机的平飞状态就行了，余下的工作主要由加油机尾舱内的空中加油员操纵输油伸缩杆来完成。还有一种空中加油系统，采用“软”、“硬”相结合的方式，它既有硬管也有软管，在其伸缩套管(硬管)的顶端加装有插头锥套(软管)式加油设备，该系统由于软管较短，受大气紊流的影响要比吊舱式软管加油系统小，加之硬杆可以操纵，使用起来也比较灵活。在进行空中加油时，加油机和受油机双方均比较“主动”，相互之间需要默契配合。目前，在现役的空中加油机中，采用“软





美国 KC-135R 正在加油

管”方式和“硬管”方式的都有。世界各国配备的空中加油机，总数约为 1000 架左右。其中，美军装备的数量最大，加油机的综合性能也最好。

当前，世界上最负盛名的加油机是美国的 KC-135“同温层油船”式空中加油机。KC-135 飞得较高，可上升至 10000 多米的同温层，加之其载油量较大，因而在美军中，该型机被称为“同温层油船”。这种空中加油机主要是为 B-52 等型远程战略轰炸机进行中途加油而设计的，但在使用中，也可为其他的大型军用运输机(如 C-5A 等)和军用战术型飞机(如 A-l0,F-111 ,F-15 ,F/A-18 ,SR-71 等)实施空中加油。该机可装载 103.29 吨的燃料，除了能为美国空军、海军、海军陆战队的飞机提供空中加油保障外，还具有运输部队人员和货物的能力。“同温层油船”的机尾下部，设有一个空中加油操作舱，舱壁有三扇舷窗用于观察外界。加油员就位于该舱内，他是俯卧在一张床上进行加油操作的。为了便于受油机飞行员在空中加油时保持好“队形”，在“同温层油船”飞机的腹部中心线上画有一条醒目的黄线。受油机飞行员以它为基准线，调整飞机的姿态和相对位置。经过多年的改进和发展，KC-135 空中加油机已形成了一个大家族，该系列加油机的主要型别有:KC-135A, KC-35E, KC-135Q,KC-135R 等。其中，KC-135R 加油速度最快，高达 12.68-21.97 公斤/秒。该机能够







正在实施空中加油的 KC-135

在空中同时为 3 架飞机实施空中加油。

三、侦察机

侦察机是专门用于从空中搜集敌方军事情报的军用飞机。按照执行任务的范围，可分为战术侦察机和战略侦察机；按照飞行器的类别，可分为侦察飞机和侦察直升机；按照驾驶和控制的方式，可分为有人驾驶侦察机和无人驾驶侦察机。根据侦察内容和任务性质的不同，侦察机又可分为目视侦察(观察)机、电子侦察机、成像侦察机(包括可见光照相、红外照相、雷达成像、微波成像、电视摄像等)以及多用途侦察机等等。

战术侦察机一般都是用现役的战斗机或轻型轰炸机改型而来的，如美国的 TR-1、RF-4 以及 RF-101、RF-8A、RB-57、RA-3D；苏联的雅克-25P、米格-25R；中国的歼侦 6 等。但也有专门设计的，如美国的 OV-1“莫霍克”战场侦察机等。它们往往不带或只带少量武器，但配装有专用的航空相机、图像雷达、电子侦察和电子对抗设备等，其主要的使命是对敌方战场或浅近纵深区域内的战术



RF-4 侦察机



RF-101

目标进行侦察。

战略侦察机既有用轰炸机和运输机改装的,如苏联的图-16"獾"K,美国的 RB-57 , RC-135 , EP-3 等;也有专门设计的,如美国的 U-2,TR-1,SR-71 等。战略侦察机主要深入敌人战略纵深,侦察核设施、导弹基地、重要军工厂等战略目标情报,其特点是飞得高、飞得快、航程远,装有复杂的侦察设备。如美国鼎鼎大名的 SR-71(即"黑鸟")型高空高速侦察机,飞行速度可达 M 数 3 以上,飞



行高度可达 3 万米，一般的战斗机和地空导弹都难以对其构成威胁。以 M 数 3 的速度巡航时，不进行空中加油的作战半径为 4800 千米。每小时可侦测 250000 平方千米的区域，效率极为惊人。SR-71 虽然性能不错，但它的维护和保障复杂，使用费用太高，即使是财力雄厚的美国空军也觉得不胜负荷，不得不于 1990 年将其全部退役。



TR-1 侦察机



美 RC-135 高空电子侦察机





EP-3 侦察机



EP-3 侦察 / 预警机





美国 SR-71 高空高速侦察飞机

在侦察机中，还有一种发展十分迅速的机种是无人侦察机。现代无人驾驶侦察机大多是专门设计的，具有体积小、成本低、使用灵活、没有人员伤亡等优点，在战争中的应用将越来越广泛。如美国的 AQM-34 ,RQ-1“捕食者”、“纳蚊”750、“指针”，加拿大的 CL-227，以色列的“侦察兵”、“苍鹭”、“搜索者”等。这些无人侦察机可携带光学照相机、电视摄像机、前视红外遥感器、侧视雷达等先进的探测设备对敌区目标实施侦察和监视。中小型军用无人侦察机系统通常由四部分组成：飞行器、发射回收设备、地面控制系统、地面支援设备等。一个无人侦察机系统通常包括若干架飞行器、1-2 套地面控制站、1 套发射回收装置和地面支援设备。

美军的 RQ-4“全球鹰”无人机是当代最著名的无人侦察机。这种平均单价高达 7370 万美元的长航时、高空、远程无人驾驶飞机，机翼展达 35.4 米，机长 13.2 米，机内可携带 1 吨左右的有效载荷，可在 5500 千米外、近 20000 米的高空连续飞行 24 小时，最大留空时间约 40 来个小时。“全球鹰”采用了雷达隐身和红外隐身效果都比较好的 V 字形尾翼，可遮挡住大部分红外信号。该机的机内空间很大，可以装载较多的高精度传感器和通信设备，可通过卫星等中继平台进行实时情报和目标信息传递，为战场指挥员提供全天候的侦察数据。该机的主要使命是对敌方目标进行电子情报收集、光电侦察和监视。它能够识别距离 20-200 千米范围内的所有动态和静态的目标，并能有





以色列的“侦察兵”无人侦察机

效地识别伪装和“看穿”掩盖物。RQ-4 的飞行高度超过了大部分现役的无人机，再加上隐身能力较强，以及配备有先进的电磁干扰系统、收放式诱饵、威胁告警等电子对抗手段，其安全性相当好，不易被敌方的防空火力发现和击中。它不但在 2001 年的阿富汗战争中频频“出镜”，而且积极“加盟”2003 年的伊拉克战争，充任五角大楼和中央情报局的高级“密探”。因此，该型机深受美军的信赖，美军认为，“全球鹰”型无人机的整体性能已经超过了 U-2 高空侦察机。



美国 RQ-4 无人侦察机

四、电子对抗飞机

电子对抗飞机是专门用于对敌方雷达、无线电通信系统、武器制导系统等实施电子侦察、电子干扰或攻击的军用飞机。其任务主要是通过电子侦察、告警、施放干扰和进行反辐射攻击等方式，对敌地面防空系统、光电探测系统、无线电通信系统等实施压制，掩护己方航空兵部队顺利遂行截击、突防、对地攻击等任务。可以说，电子对抗飞机是战斗机、攻击机、轰炸机等主战飞机的“保护神”。在现代的高技术局部战争中，各类作战飞机总是首当其冲、首当其用，而配备有先进的雷达告警系统、灵敏的电子侦察仪器、大功率的电磁干扰设备、精确的反辐射导弹等电子对抗系统的飞机，则更是充当了打头阵的角色。侦察—摧毁、迷盲—压制，是其基本的战术。

战前，进攻一方往往会派遣电子侦察机和其他带有光电侦测仪器的军用飞机，对敌方的防空雷达、导弹阵地、通信系统、指挥枢纽等进行广泛的信息截收和情报“窃听”，确定它们的位置、使用频率、发射功率等。空中突击行动一开始，就由携带反辐射导弹、精确制导炸弹等航空武器的作战飞机，攻击这些节点，将敌方的关键部位摧毁，使之成为“瞎子”和“聋子”。作战过程中，以电子对抗飞机为前导，一面对敌方的雷达、无线电通信系统实施宽频谱、大功率的电磁干扰，一面对选定的目标进行反辐射攻击和轰炸，采用“软杀伤”和“硬摧毁”两种手段，迷盲和压制敌人的对空探测系统、指挥控制中心、制导雷达、微波站、无线电台等“耳目”和“喉舌”，更已成为现代战争的经典程式。下面，分别介绍几种不同类型的电子对抗飞机。

一是电子干扰飞机。即能够通过“有源”和“无源”电子干扰等手段，对敌方的警戒雷达、炮瞄雷达、地对空导弹制导雷达和无线电通信系统进行欺骗、压制的军用飞机称为电子干扰飞机。电子干



EC-121 H

扰飞机分为大型和中小型两类。大型电子干扰飞机一般是由运输机、轰炸机改装而成，机上安装有功率强大的“有源”干扰设备，对敌方电子系统的干扰距离远、干扰范围宽。如美国的EC-121 H“星座”，EC-130H“罗盘呼叫”、俄罗斯的安-12C“幼狐”等。这类电子干扰飞机的机体较大、速度较低、机动性较差，容易被对手拦截和攻击，因此，它们往往在远离敌方的防空火力圈外活动，并有战斗机保护。中小型的电子干扰飞机多是由战斗机、攻击机、舰载反潜机等改装而成。它们的机动性较好，并有一定的自卫能力，因此可以伴随战斗机、攻击机编队一起出击，执行电子支援和“随队干扰”等任务。只要干扰机的功率足够大，它们也可以承担远距离电子压制的使命。

美国的EA-6B“徘徊者”是一种典型的电子干扰飞机。该机是一种舰载和陆基电子对抗飞机，据称可对敌方所有类型的无线电通信系统进行强力干扰，其干扰系统的发射功率目前在世界上是最大的。其翼下和机身下能携带5个用于干扰敌方无线电通信的集成式AN/ALQ-99电子战吊舱，装有10部干扰发射机，每个干扰吊舱可覆盖7个频段。该机还能够外挂AGM-88高速反辐射导弹(HARM)，实际上已将电子干扰飞机和反辐射导弹攻击机合为一体，成为具备“软”、“硬”杀伤能力和综合电子对抗能力的战术型电子战飞机。

在世界上的各个热点地区，只要有美国军队的参与，总会看到EA-6B“徘徊者”的身影。由于该型机的攻防能力强，它们往往充当美军空中作战行动的开路先锋。目前，美国正以F/A-18F“超级



EA-6B



AGM-88 机载反辐射弹



美国 EA-6B 电子战飞机

大黄蜂”战斗机为基础，研制新型 EA-18G“咆哮者”电子战飞机，以代替 EA-6B“徘徊者”。

二是反辐射攻击机或反雷达飞机。它是主要采用“硬杀伤”手段摧毁敌方的对空警戒雷达、炮瞄雷达、地对空导弹系统的搜索雷达和制导雷达以及其他大型地面通信设备的电子战飞机。其最早应用于越南战争，是由 F-100、F-105、F-4 等战斗机、战斗轰炸机改装成的 F-100G、F-L05G 等型“野触鼠”电子战飞机。其机上通常有两名乘员，前舱为驾驶员，后舱为电子战和武器操作员。

美国的 F-4G“野触鼠”电子战飞机是此类飞机的典型型号。该机配备有 AN/APS-107RHAWS 导弹与目标搜索系统、AN/ASQ-213 高速反辐射导弹标定系统、AN/APR-26 防空导弹发射告警系统、AN/APR-47 雷达告警和攻击系统、AN/ALR-46 电子干扰接收机等电子对抗装备，可对有威胁



美海军最新型 EA-18G 咆哮者电子攻击



美海军 EA-18G 咆哮者电子攻击机



性的雷达进行侦察、告警,对各种脉冲波和连续波雷达实施探测、识别和定位。机上携带的武器主要有:“百舌鸟”反辐射导弹、“哈姆”高速反辐射导弹、“幼畜”空对地导弹、“石眼”集束炸弹以及自卫用的空对空导弹等。在“沙漠风暴”行动中,F-4G“野鼬鼠”电子战飞机总共出动了2700多架次,摧毁了一批伊拉克的雷达阵地和通信系统。整个战争期间,只有1架F-4G被伊军击落。受F-4G威胁,伊军其他雷达不得不长时间的关机。可以说,在压制伊军的防空系统、无线电通信系统,保障突防飞机的安全方面,F-4G发挥了重要的作用。



正在发射导弹的 F-4G

五、预警指挥机

预警机是一种装有远距搜索雷达、数据处理、敌我识别以及通信导航、指挥控制、电子对抗等完善电子设备,集预警、指挥、控制、通信和情报功能于一体的重要武器系统。预警机既可搜索、监视与跟踪空中、海上和地面目标,又可指挥、引导遂行作战任务的飞机,起到空中活动雷达站和空中指挥中心的作用,是现代战争的力量倍增器。

预警指挥机由于装载多、体积大,因此一般由客机和运输机为平台改装而成。如:美国研制的E-3“望楼”, E-767,英国设计的“猎迷”,前苏联制造的图-126“苔藓”、A-50“中坚”,瑞典生产的



SAAB-340“埃里眼”等;也有的是专门设计的,如美国的 E-2C“鹰眼”;亦有个别的机型采用直升机作为预警平台,如英国的“海王”、俄罗斯的卡-31 等。中国的预警机有以伊尔-76 改装而成的“空警2000”和以运八运输机改装而的“空警 200”。



俄罗斯图 -126 预警机



俄罗斯 A-50 预警机





瑞典“埃里眼”预警机



英国“猎迷”预警机





英国海军 MK2 舰载海王预警机

世界上最早研制和使用预警机的是二战中的美国海军。当时,因受日本“神风”特攻队自杀性低空进袭的严重威胁,为了扩大舰队对海上目标的监视范围,克服地球曲率的影响,尽可能远地发现和拦截日军的自杀性飞机,美国海军把地面雷达站搬到了飞机上,使之“站”得高,“看”得远,大大地提高了其探测目标的能力。经过几十年的发展,现代预警指挥机已发展为集预警、指挥、控制、情报分析等于一体的空中指挥控制中心,不但能够搜索、监视空中或海上的目标,并且能够指挥、引导己方飞机、地面防空兵器等遂行拦截、攻击等作战任务。国外的实践经验和模拟计算表明:一架大型预警机对空中目标的搜索、监视能力相当于 10 部左右的大功率、远程地面警戒雷达站,为己方提供 30 分钟以上的预警时间,并在不降低战斗力的前提下,大大减少战斗机、截击机的数量,并提高拦截和击落来袭目标的概率。

按照使用空间,预警机可分为陆上使用型(如美国的 E-3“望楼”系列、以色列的“费尔康”、俄罗斯的图-126“苔藓”等);海上使用型(如美国的 E-2 系列、英国的“海王”MK2-AEW、前苏联的安-74“鲁莽者”);陆海兼顾型(如 E-2C“鹰眼”,E-2T 等)三种。

按照吨位大小划分,它们又可分为大型预警机、中型预警机和小型预警机三种。大型预警机的起飞重量在 150-170 吨左右,任务载荷 15-20 吨,续航时间 12-20 小时,机上乘员 10-20 名。中型预警机的起飞重量在 60-100 吨上下,可搭载的任务电子设备大约为 10 吨,续航时间 8 小时左右,除机组成员外的监控台操作员一般为 6-8 人。小型预警机的起飞重量在 10-30 吨之间,可载 2-4 吨的电子设备,续航时间 4-8 小时,机上乘员也较少。一般来说,大型预警机称之为战略预警机,中





以色列“费尔康”707 预警机



以色列费尔康预警机





美国制造、世界多国装备的 E-2C 侦察预警机

小型预警机称之为战术预警机。

根据预警雷达的载体(飞行平台),还可分为固定翼空中预警指挥机;复合升力直升机预警机;倾转旋翼预警机;无人驾驶预警机(如美国格鲁门公司提出的 D754 方案);预警直升机;预警飞艇和预警气球等。

到目前为止。美国生产的 E-2C“鹰眼”和 E-3“望楼”系列预警机及其改进型(如 E-3B ,E-767 等)仍是世界上性能最好、功能最全的空中预警机。如 E-3“望楼”飞机,机长 46.61 米,机高 12.73 米,最大起飞重量为 151 吨,最大平飞速度 853 千米/小时,不进行空中加油的航程为 9300 千米,续航时间大约为 11 小时,而实施了空中加油后的续航时间可提高到 24 小时。其配备的雷达具有俯视低空目标的能力,能够区分地面行驶的汽车与低空飞行的飞机。据称,其对空中目标的极限探测距离可达 1200 千米,而在 8800 多米的高空巡逻时,它对大型的中高空目标的搜索范围一般为六七百千米,对中型目标的探测半径大约为 450 千米左右,对低空飞行的小目标的最远发现距离超过 320 千米,能准确地处理 600 批不同的目标信息,并帮助机上的系统操作员探测、跟踪、识别目标,控制武器,显示和记录数据,指挥己方飞机完成截击、遮断、对地树海攻击、空运、空中加油等作战任务,可称得上是一个机动能力强、探测距离远、指挥效率高的飞行指挥所和情报中心。





侦察 / 预警 E-2C 飞机



美国 E-3 “望楼” 预警机



六、舰载机

航空母舰实际就是一个活动的海上机场。二战中航,空母舰和舰载机的出色表现,使得航母及其舰载机的发展得到了高度重视。从 20 世纪五十年代起,航母舰载机的面貌和种类都发生了很大的变化:一是喷气式作战飞机逐步接替活塞式飞机,二是一些老的机种被淘汰,例如,鱼雷机被反舰导弹载机所取代,单纯的轰炸机被多用途的战斗轰炸机和攻击机所取代,海上目视侦察机被战术侦察机和预警机所取代;三是为了保证在各种作战情况下,都能完成任务,出现了许多新的舰载机机种和机型,目前主要有舰载战斗机、舰载攻击机、舰载反潜机、舰载预警指挥机、舰载运输机、舰载空中加油机、舰载电子侦察机、舰载电子干扰机、舰载直升机等,而舰载直升机又可分为反舰型、反潜型、预警型、对地攻击型、电子对抗型、救援型、运输型等。当前,比较著名的舰载战斗机,主要有美国的 F-14“雄猫”式战斗机、F/A-18E/F“超级大黄蜂”战斗机;英国的“吸血鬼”、“短弯刀”、“海鹞”;法国的“超军旗”、“阵风”M;俄罗斯的米格-29K、苏-27K、苏-25K 等。

固定翼的航母舰载机与陆基飞机之间在技术上的最大差别是:前者必须能在面积很小的飞行甲板上安全起飞和着舰;必须能在有限的空间内停放;必须具备良好的抗腐蚀性和电磁兼容性。受



美国 F-14 舰载机



美国 FA-18 舰载机



英国的“吸血鬼”



法戴高乐号航母阵风舰载飞机



法国超级军旗舰载飞机

此影响,舰载飞机具有以下特点:一是兼顾飞机的高、低速特性。如美国的F-14"雄猫"战斗机选择了比较先进的变后掠翼技术,远程巡航和起降时机翼张开,既能短距起降,又能高速飞行;英国的"海鹞"式战斗机配备有高推重比的涡扇发动机,具备垂直起降功能。二是采取下垂机头、加高座舱的办法,使飞行员对外观察的视界良好,能及时找到航母编队,准确对正航母的斜角甲板着舰区,在下滑时能目视到菲涅尔透镜光学助降系统的灯光以及由舰上人员发出的各种指挥和警示信号。三是为了减小舰载机在舰面和机库内的停放空间,便于在甲板上牵引和用升降机搬动,几乎所有的固定翼舰载机的外翼段都需要折叠(或折转),有些大型飞机的机头、尾翼也可以折转。四是舰载机的减震能力和承载能力更强,强度和重量更大。五是必备的着舰尾钩。航母斜甲板着舰区的长度不过200多米,喷气式舰载机仅仅依靠刹车,是很难在如此短的距离内停下来的,因此着舰时,用它钩住布设在飞行甲板降落跑道上的拦阻索。只要它的尾钩挂住了4-6根钢索中的一条,便会在刹那间将速度减为零。六是与普通陆基飞机相比,舰载机在某些方面对动力装置的要求更加苛刻,其可靠性和加速性必须更高。现役舰载机多采用双转子的喷气发动机,如A-7舰载攻击机、F-14舰载战斗机配备的TF30涡轮风扇发动机;A-4E,A-6A舰载攻击机选装的J52涡轮喷气发动机等。七是先进的抗腐蚀措施。海洋区域盐雾重,海水和空气中的成分复杂,构成了一个高腐蚀的环境。为了增强飞机的抗腐蚀能力,需要选择一些新的材料和特殊的设计,以提高其抗腐蚀性。八是优异的电磁兼容性。航空母舰是一个电子系统极为密集的所在,舰载机位于舰面上时,极易受到外界的干扰而引发故障。所以,其电磁兼容性更强,某些关键仪器和电子设备还要采取可靠的屏蔽措施。



美国"海鹞"式战斗机





A-7 舰载海盗攻击机



A-7 舰载攻击机



七、轰炸机

轰炸机是主要担负对敌战略战役纵深的重要目标进行轰炸任务的作战飞机。轰炸机由于机身长、重量大,机动性差,自卫能力弱,很容易被对方防空雷达捕捉到并受到防空兵器的攻击,因此一般来说,轰炸机是在取得制空权的情况下或有战斗机、电子战飞机等护航的情况下才出动执行任务。

第二次世界大战中,经过战火硝烟的磨炼,成就了许多世界著名的轰炸机,如美国制造的 B-17、B-24、B-5、B-29;英国生产的“兰开斯特”,苏联设计的佩-2,图-2 ;德国研制的容克斯 Ju-88,亨克尔 He-111 等。二战后的轰炸机发展经历了 3 个阶段:五十至六十年代为第一阶段,轰炸机实现了喷气化,速度达到了高亚音速,主要着眼于高空突防。具有代表性的是美国的 B-47、B-52,苏联的图-16、图-95 等。七十至八十年代为第二阶段,轰炸机实现了超音速,主要着眼于低空超音速和高空超音速突防。这个阶段研制的轰炸机大都采用变后掠翼技术。代表机型是美国的 BF-111、B-1 和苏联的图-160 轰炸机;九十年代为第三阶段,轰炸机着眼于不被对方雷达探测到进行隐形突防,采用了大量的隐形技术,取得了良好的隐形效果。具有代表性的是美国的 B-2 隐形轰炸机,其他非隐身轰炸机,也都装备了用于自卫的电子战系统。



英国“兰开斯特”轰炸机





原苏联图 -2 轰炸机



德国 He-111 轰炸机



根据载弹量和作战半径等因素，轰炸机分为重型、中型、轻型 3 种。重型轰炸机也称为战略轰炸机，载弹量在 10 吨以上，作战半径大于 4000 公里，这只有美国和前苏联装备，如美国的 B-52、B-1B、B-2 和苏联的图-95、图-160 轰炸机等。中型轰炸机载弹量为 5-10 吨，作战半径为 1600-4000 公里，如中国的轰六飞机。轻型轰炸机的载弹量为 5 吨以下，作战半径不大于 1600 公里，如中国的轰五飞机。目前，轻型和中型轰炸机已经停止发展，逐渐被战斗轰炸机取代。比较典型的轰炸机机型有：



苏联图 -95 轰炸机



苏联图 -160 轰炸机

寿命最长的美国B-52“同温层堡垒”远程战略轰炸机。1955年6月装备部队,至今半个世纪不衰,一直是美国空军的主力轰炸机。虽然从外形上看变化不大,但经过多次的改进,其“五脏六腑”早已不是原先的东西了。它共安装了8台涡喷发动机,飞机的翼展达56.4米,机长49.05米,机高12.4米,最大载弹量约27吨,最大速度为1010千米/小时,实用升限16800米,不进行空中加油的最大航程可达16000千米。越南战争,该机首创“地毯式轰炸”战法;海湾战争中,B-52携带AGM-86C型空射巡航导弹,远程奔袭一万多千米,对伊拉克的重要军事目标实施精确攻击,往返飞行22400千米,时间长达35个多小时,不但开创了空战史上首次使用空射巡航导弹的先例,而且创造了执行一次战斗任务留空时间最长,飞行距离最远的纪录。



美国B-52轰炸机

载弹量最大的是美国B-1B多用途轰炸机,满载时可挂50-60吨炸弹。它于1986年装备美国空军,除了执行战略轰炸任务外,还能担负常规轰炸、海上巡逻等任务,并可作为AGM-86B空射巡航导弹的载机使用。该机换装了新型机载电子系统,改进了软件,使其突防能力、投射精度和电子对抗能力有了较大的提高。另外,采取多项隐身技术措施,使之成为一架半隐身轰炸机。据称,该机的雷达反射截面积比一架战斗机还小。1998年12月19日,在“沙漠之狐”行动中,B-1B首次参加





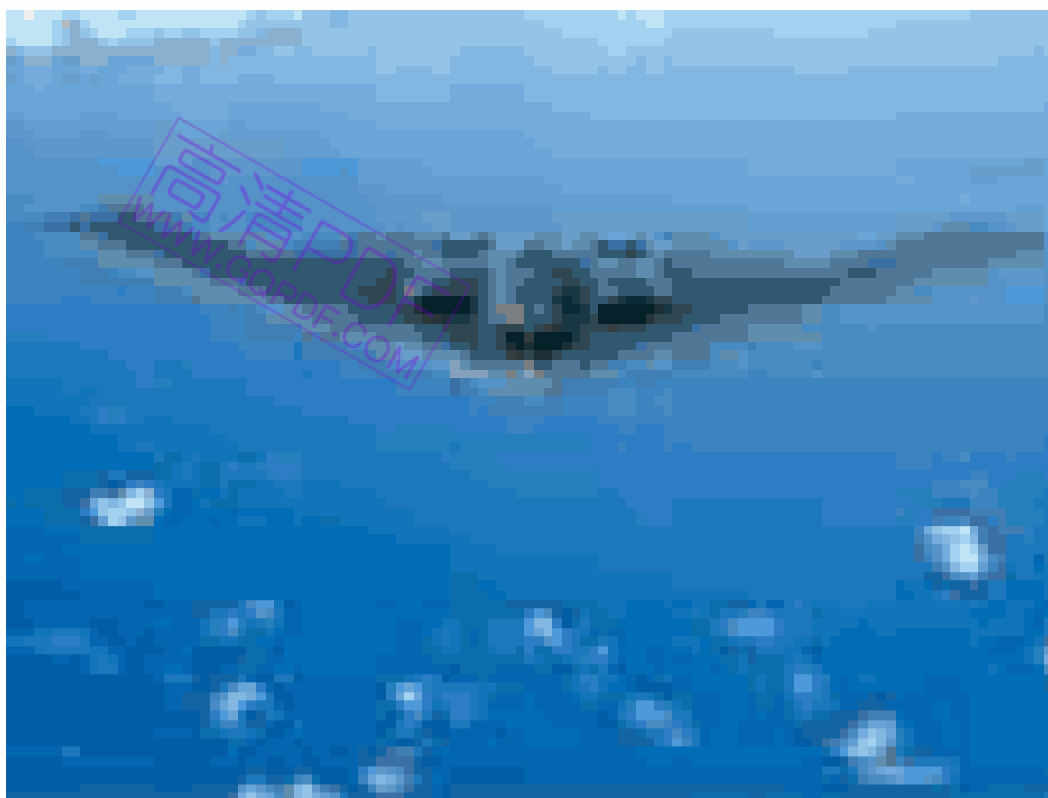
美国 **B-1B** 轰炸机

对地攻击作战。在随后的科索沃战争、阿富汗战争、伊拉克战争中,B-1B 开始大量执行军事突击任务,逐渐凸显出了它的重要作用。

美国 B-2 隐身轰炸机。1989 年 7 月首飞, 是当今世界上最优秀的战略轰炸机。该机翼展达 52.43 米,而机长仅 21.3 米,机高也只有 5.18 米,最大起飞重量约 168.4 吨,最大载弹量 22.7 吨,实用升限 15240 千米,作战航程可达 12230 千米。它采用先进的翼身融合的飞翼构造,机身成“W”形,是无机身、无尾翼的飞镖式飞行器。B-2 采用了各种能够降低雷达反射截面积和减小红外信号的技术措施,如复合材料、先进动力装置、吸波涂料、二元转向喷口、翼身融合、在燃料中添加消除尾迹的化学物质等等。因此,它的雷达反射截面积只有 0.1-0.001 平方米,仅为 B-52 的约千分之一。但是,该机单架价格就高达 22 亿美元,在制造、维护、使用方面费用过高,机载设备复杂,勤务保障更困难。因此,尚不能取代 B-1B 和 B-52。由此可见,在航空装备的发展中,技术高并非就能决定一切,最终必须看其综合作战效能。只有符合现实的和未来的空军作战思想,且军事经济效益高的兵器,才会有较强的生命力。



美国 B-2 轰炸机





美国 B-2 轰炸机



八、攻击机

攻击机又称强击机，是对战场浅近纵深敌方坦克装甲车辆、炮兵、导弹阵地、火力支撑点及有生力量等地面目标进行空中突击，直接支援己方地面部队作战的近距空中支援飞机。可配备多种对地攻击武器，具有良好的低空操纵性和搜索攻击地面小型目标的能力。由于攻击机飞行高度较低，易遭地面火力打击，因此，攻击机一般在取得制空权的情况下使用，并在要害部位装有防护装甲。

第一次世界大战中，受战斗机飞行员使用机枪扫射敌军战壕、士兵的启发，研制了专用对地攻击机。到第二次世界大战时它已成为航空兵的一种主要作战飞机，比较著名的攻击机有苏联的伊尔-2、伊尔-10,雅克-3,雅克-4，德国的“容克”Ju-87G ,“亨克尔”Hs-129B-1，美国的 A-17 ,A-20 ,A-26，英国的“台风”等。战后，攻击机得到了进一步发展，在局部战争中发挥了重要作用。如 1967 年的第三次中东战争中，以军首先用法国制造的“幻影”式、“神秘”式战斗机和“秃鹰”式强击机对埃及等国的军用机场进行空袭，使埃及空军遭到毁灭性打击。



美国 A-26



当前,世界各国装备的攻击机主要有美国的A-10、俄罗斯的苏-25、中国的强-5等。其中,美国空军的A-10是最负盛名的世界名机。这种双发单座强击机可以打击坦克、火炮、指挥所等各种固定的和活动的目标。它既能担负对己方部队实施前沿近距离空中支援的使命,又能执行攻击部署在浅近纵探的敌军第二梯队的任务。对地面目标进行精确打击时,其火力之强大、迅猛,不亚于晴天霹雳。因此,美国空军给它起了一个响亮的绰号——“雷电”。A-10诞生于20世纪七十年代初,1975年装备部队。由于其速度低(亚音速),其貌不扬,曾被称为美军“唯一可从后边被撞落的飞机”,曾多次面临被淘汰的命运,但因为它的实用性很强而保留下来。它的翼展较大,约为17.25米,机长16.26米,机高4.47米;虽然其最大起飞重量仅23.15吨,但最大外挂重量却超过7240千克,许多全机推重比和发动机推力比它大得多的战斗机都达不到此一水平;A-10的驾驶舱的周围呈浴盆状,由厚度达3.8厘米的防弹装甲构成,机身腹部的装甲更厚达5厘米;其机头下方安装了一门主要用于攻击坦克、装甲车辆等“硬目标”的34毫米GAU-8/A多管速射航炮,其射速可达每分钟3900发。在该机的机身和机翼下共有11个外挂点,可携带的武器五花八门,如燃烧弹、多功能炸弹、集束炸弹、火箭弹、激光制导炸弹、光电制导炸弹、照明弹、空对空导弹、空对地导弹、子母弹箱以及电子对抗吊舱等,具有强大的对地火力。因其火力猛、防护能力强、反应灵活,它曾在海湾战争中大出风头,给伊拉克军队和共和国卫队造成了极大的威胁,伊军地面装甲目标中近三分之一毁于其手,成为战争中的“黑马”,这在根本上改变了面临淘汰的命运,反成为一代世界名机。



中国强-5



坦克杀手——美国 A-10 攻击机



A-10 攻击机



第九章 展望未来
——蓝图之中的航空技术与军用飞机

回顾飞机百年发展的历程，远远超出了当年人们的想象。虽然准确地预测未来比较困难，但通过对当前各国的预研情况和相关资料的分析，可以肯定地说，大量航空高新技术的涌现和发展，将推动军用飞机产生革命性变化，21 世纪军用飞机的面貌将大为改观，作战效能成倍提高，并以崭新的姿态出现在世人的面前。

一、综合化

由于陆、海、空军等各军种和各个部门都在积极发展自己所需要的飞机，因此随着时间的推移，飞机的种类和型号越来越多、越来越杂乱，技术标准不统一、应用不兼容的问题日益突出，这在三军联合作战成为大势所趋的情况下，对联合指挥、协同、管理、维修带来了很大困难。为此，各国都开始注重统筹规划研发活动，走模块化和一机多型的路子，努力开发集多种功能于一体的综合性更强的飞机，从而精简型号、增强通用性和适用性，并节约经费和缩短研制周期。当然，由于各军兵种对未来战斗机的要求不尽相同，将各种不同类型的飞机综合在一个方案上，在设计上会带来许多矛盾，这在过去是无法想象的，而现在随着航空技术和设计手段的进步，这一构思已逐步成为现实。

例如，美国三军合作开发的 JSF(Joint Strike Flight)三军通用联合攻击/战斗机(其军用编号为 F-35)，是一种采用模块化设计的隐身多用途飞机，可以在一条生产线上，为空军、海军和海军陆战队制造三种外形基本相同，但起降性能和起降方式差异很大的飞机。根据要求，这三型飞机的一些大部件应能调换或拆除。例如，可将短距起飞/垂直着陆型的 STOVL 型飞机改装为空军的 CTOL 型，或组装出海军的 CV 型。据称，采取这一措施后，可节省设计、试验和制造经费数十亿美元。

美国空军为进一步缩短打击链的时间(即对目标发现、跟踪、定位、攻击决策的时间，要求在 10 分钟以内)，曾于 2001 年出台了 E-10“多传感器指挥与控制飞机”，计划，拟把目前的 E-3 预警机、E-8“联合星”雷达监视飞机、RC-135 电子信号侦察机，甚至把 EC-130 电子干扰机、EC-130E 战场指挥与控制飞机和 E-4 全国机载作战中心等设备安装在波音-767 飞机上，成为一个综合的多传感器平台，反映了集侦察、预警、指挥、电子干扰等功能于一身的军用飞机向综合方向发展趋势。





JSF



JSF





JSF 垂直起降 STOVL 型



JSF 舰载型





E-10

二、无人化

无人机(UAV)是军用飞机今后的重点发展方向之一。无人机可执行战场侦察监视、通信中继、电子干扰、诱饵佯动掩护、战果评估、反辐射攻击、识别和打击地面机动目标等多项任务。其优点,一是可完成危险性较大的任务,避免了人员伤亡;二是成本低(约为高级战斗机的三分之一),耗油少,放飞、回收、后勤及技术保障比较容易,可大批生产;三是体积小,发动机功率和噪声低,红外辐射信号特征弱,超低空飞行能力强,难以被发现和击落,特别适合于争夺低空制空权;四是不存在飞行员疲劳驾驶和过载难以承受问题,机动灵活,续航时间长。如美军正在研制的"太阳神"等型号的无人机,利用太阳能推进技术,其续航时间和高空飞行距离在理论上几乎可以达到无限。目前,无人侦察机等的技术已经比较成熟,今后随着智能化程度的提高,还将出现无人预警机、无人战斗机等,无人机将具有与对方作战飞机进行空中格斗的能力。如美国正在研制由 JSF 战斗机改装的"无人驾驶战术战斗机"(UTA),可 3 架以上为一组在 F-22 战斗机控制下进行空战。2009 年 10 月,美军派出"死神"无人机进入印度洋水域上空巡逻,配合各国反海盗舰艇行动。该机长约 11 米,翼展约 20 米,大小与 F-16 战斗机接近。续航能力达 16 小时,可挂载 10 余枚制导炸弹和导弹并配有先进的导航系统和雷达装置,更利于精确打击目标。美军官员说,"死神"无人机从一开始就是作为



死神无人飞机

“搜索——攻击”性质的战斗武器设计的。

目前，军用无人机已普遍装备到美国各军兵种的旅、营单位和特种部队的作战小分队。无人机的放飞权，已下放到了陆军的连队一级。智能化的军用无人机的出现，给空中突防和地面防空作战提出了完全不同于传统的新概念。西方一些专家认为，10年后无人驾驶战斗机可执行大部分空袭任务，再加上巡航导弹的大量使用和地地导弹的不断发展，无人化空袭有可能形成一定规模，这将大大减小进攻一方发动空袭的后顾之忧。



以色列微型无人机



三、隐形化

未来的各种飞机甚至巡航导弹,或多或少地都会进行隐形设计。隐形飞机主要的优点,一是独立作战能力强,对作战支援飞机的依赖性小,一般情况下除加油机外无需电子干扰机和其他战斗机伴随支援。二是可进行中、高空突防,安全度高。长时间低空和超低空飞行,飞行员精神高度紧张,对飞行技术和飞机性能要求都较高,而中、高空飞行既降低了危险性,亦有利于增加航程和续航时间。三是可飞临目标区上空投放弹药,提高了打击精度,降低了附带杀伤。由于隐形飞机对人的目视来讲是非隐形的,在昼间执行空袭任务的风险要远大于夜间,所以隐形飞机常常利用夜暗掩护出动。

目前的隐身技术,虽已使作战飞机的攻防能力大为改观,但仍有许多不足之处。如现代隐身作战飞机的所谓"低可探测性",主要是指它们在某些微波波段难以被敌方雷达等探测设备发现,但在红外波段和可见光波段,它们仍属"高可视性"的飞行器,易被肉眼、光学探测器和红外阵列探测器所"看"到。要想让隐身战斗/攻击机在昼间也能遂行突防、精确对地攻击等任务,必须完善其"全频谱"隐身性能,使之成为"低可视"的。因此,除了需要进一步改进此类飞机对米波、微波波段的雷达隐身性能外,研究重点应扩展到全机的红外隐身和目视隐身方面。

为了使雷达、红外探测器、光学探测器、激光探测器和人的肉眼均难以发现作战飞机,目前的发展途径有两条,一是实验研究可同时应付几种频谱的多层或多功能隐身涂料。分别具有可见光隐身、红外隐身和雷达波隐身特性的涂料早已有之,但要将它们综合在一起,用于"全频谱"隐身则非常困难。为此,需仔细研究各种涂料之间的相互影响,尽量减少不必要的干扰。当然,最理想的是能够研制出涂层薄、重量轻的单层"全频谱"隐身涂料或薄膜。从目前的发展情况看,实现这一目标亦是完全可能的。二是发展导电涂层、放射性同位素涂层等新型的涂料。将某些放射性物质(如锶90)覆盖在机体上,在高速飞行状态下它们可使飞机表面附近的局部牢间发生电离,形成能吸收雷达波的等离子体。此种人造的等离子屏可以在很宽的频带范围内吸收和散射绝大部分雷达波,因此这种方法使用简单且不用改变飞机气动外形,即使是普通的作战飞机,其飞行性能和隐身性能亦会有相当大的改善。

四、智能化

随着计算机技术、机载探测技术、数字通信技术、语音识别技术、各种应用软件技术等趋于成熟,军用飞机智能化水平大大提高。飞机可以自动地进行全方位搜索和探测并自动显示、记录、报告目标位置;当有导弹来袭时,安全系统就会立即报警,同时显示威胁的性质、方位、距离和所采取的对抗方式;故障显示系统则可自动诊断电子系统和机械系统的故障,甚至能预报即将发生的故障,并显示出应采取的防范措施。

以往飞行员驾驶飞机主要是靠眼看、耳听,用手和脚操纵,而座舱内的仪表手柄、开关、操纵杆



达数百个，碰到紧急情况和复杂环境，需要做出迅速反应时，难免顾此失彼。为解决这一问题，一些发达国家正在用触摸式、感应式开关取代众多的机械手柄，并积极发展声控、眼控、脑控先进控制系统。例如，飞行员可以用眼睛的目光锁定出现在显示器上的目标，或调出其他信息；用超导试验头盔已可测出大脑思维活动产生的电磁场的变化，测出飞行员的疲劳和超载情况，并能对飞行员因大过载而引起的晕厥和缺氧进行告警等。



智能化的飞机座舱

为了在复杂情况下减轻飞行员的负担，未来战斗机上将配有一名数字化的"计算机副驾驶"。这位"副驾驶"可执行和"接管"许多工作，如主动控制飞机的各个活动翼面的偏转，使飞机作稳定或机动飞行；及时调节机翼的前、后缘机动襟翼，使翼型根据不同的飞行状态和速度自动改变弯度，以获得最佳的性能和经济效益；帮助机上乘员监控机载各系统的工作，应急处理突发情况，为飞行员提供航路修正参考、敌情分析、武器选择、话音告警、飞行状态控制等。随着数字化的"计算机副驾驶"日渐成长，在大部分时间内，飞机将由计算机来驾驶，这使飞行员越来越像是个监督员，而不是操纵员。随着飞机智能化的提高，有人驾驶的战斗机就会变为无人驾驶战斗机了。



探索中的无人驾驶战术战斗机

另外，飞机的表面蒙皮也开始拥有了"智能"。科学家们正在研究把微型传感器、微处理器、光纤、压电材料等植入飞机的复合材料蒙皮和承力结构中，使之能感受外界的声、温、压、电、磁等的变化，根据飞机的速度、流场的变化做出反应，如借助密布于机翼蒙皮上的传感器网，"感觉"翼面上各部位的压力，然后把数据传送给计算机，计算机经过测算后再控制安装在翼内的作动筒或压电作动器，不断改变机翼上下表面的曲率，使之自动适应飞行的环境。



五、空天化

早在 1967 年，美国试飞员约瑟夫·沃尔克就曾驾驶以火箭发动机为动力的 X-15A 试验飞机飞出过 7297 千米/小时的惊人速度，并飞到了 80 千米以上的高空，成为世界上第一个“驾驶飞机的宇航员”(美国航空航天局规定:飞行高度超过 80 千米的飞行员可称为宇航员)。但从总体上来看，由于技术水平的限制，目前航空器的飞行高度极限一般在 38 千米，而航天器的最低轨道高度在 120 千米，致使 38-120 千米高度的空间还存在着一个航天、航空器活动的“空白区”。

随着航空和航天技术的飞速发展和紧密结合，美国、俄罗斯等强国都在积极研制可以在航空航天空间自由穿越的空天飞机(MTV)，也称跨大气层飞行器，它在起飞和爬升阶段，采用普通的喷气式发动机，像航空飞机一样起飞，当达到较高速度后，改用冲压式喷气发动机;直到高度升至几十千米，进入稀薄大气层;加速到 M 数 16 以上之后，才改由纯火箭发动机提升动力，直接加速进入地球轨道，此时由航空飞机转为航天飞机，完成任务后它又可以从大气层外返回大气层内，降速飞行，像普通飞机一样着陆。如俄罗斯与德国共同研究的“杜拉加”-D2 自由飞行器，是为重复使用的航天运输机计划而联合研制的一种高超音速技术验证机。这种带翼飞行器的总长为 11.67 米，翼展 3 米，机身直径 0.92 米，总重 5.8 吨，最大推力 70 千牛，最大飞行 M 数 6.3，最大飞行高度 90000



X-33 空天飞机



米，最大航程570千米，最大有效载荷800公斤，由图-22M超音速轰炸机带到空中高速发射。美国计划2020年后生产航天轰炸机，能够在1小时内从美国大陆基地到达地球上的任何地点，在大气层30-100千米的高度范围内以12-25M的速度突破敌方防空体系，或在敌方防空区外使用激光、微波武器和远程精确制导武器打击其重要的战略、战役目标，也可直接加速进入外层空间，通过轨道机动在全球范围内打击敌方陆上、海上和空中目标。另外，空天飞机经过外层空间迅速将作战人员、武器装备和作战物资运送到地球上的任何地点，以实现全球快速部署和支援。

使用空天飞机实施跨大气层运输支援，具有快速、高效、全球覆盖的特点，能够对地球上任何地方的突发事件和军事行动作出快速反应，因而在未来战争中具有巨大的军事应用价值和潜力。可以预见，空天飞机的研制成功并投入使用，必将引起军事力量投送与部署的革命性变化。

六、新材料和新工艺

航空材料是飞机的物质基础。飞机的三大系统:机体、发动机和机载电子设备的研制，都与材料密切相关。当前，适用于航空和航天的先进复合材料、新型合金材料的研究和开发正方兴未艾，新材料在飞机上所占比例将越来越大，这大大减轻了机体重量，增强了飞机的坚韧程度，提高了发动机的推重比和可靠性，改善了飞机的各项性能。例如，非金属复合材料(如硼纤维复合材料、碳纤维复合材料)在第三代战斗机上的用量仅为百分之几至百分之十几，在四代机上已达30%左右。今后，这一比例还会逐步上升。目前使用的电缆、导线，将被重量轻、抗干扰性好、传输效率高的光导纤维取代。



各种钛基复合材料





太阳能飞机

过去，战斗机和攻击机主要用钢板和钛板制作飞行员的防弹装甲，而如果用先进的玻璃陶瓷层压板、碳化硅装甲、碳化硼装甲等抗弹性好的材料取代钢板和钛板，将可大大减轻其重量。与一般的明胶玻璃座舱盖相比，用聚碳酸醋注射成型的座舱盖具有可精确控制各部位的厚度、光学性能优越、强度高、耐用性强、抗冲击性好等优点，是一种很有前途的座舱盖制造技术。飞机的起落架以往多由钢材和铝材制造，重量较大，约占飞机起飞重量的4%-5%。国外有关部门的研究表明，若用钛合金复合材料代替钢材，将可使起落架的重量降低30%。而且，这种新型材料的抗腐蚀能力要比钢和铝强得多。发动机是飞机的动力源，而它本身的重量在飞机上占的比例也不小。飞行中，发动机始终在高温、高压、高转速的恶劣环境下工作，要想提高其性能，减轻重量，改善可靠性，必须在材料等方面下工夫。新开发出的一种玻璃纤维增强的聚丙烯具有抗拉、抗压强度高的优点，人们计划用它制造发动机的支架。发动机的热部件一直是攻关的难点，科学家一方面继续努力开发超耐热合金、高熔点金属(如铁镍铬超耐热合金等)，另一方面在积极研究极具发展潜力的陶瓷基复合材料。

目前，航空材料界最为关注的是具有良好的物理、力学特性的碳纳米管和碳纳米纤维增强复合材料以及具有奇特电磁性能的碳纳米管微电子器件。作为自然界结合力量最强的碳纳米管及碳纳米纤维，不但其弹性模量、应变率、拉神强度和刚度极高，特别适合作为聚合物复合材料的增强体，它还具有一定的导电率，在航空和航天业中的应用前景非常广阔。



后　记

飞机承载和成就了人类翱游天空、挣脱束缚、追求自由的梦想，体现了人类坚韧不拔的探索精神和聪明智慧。军用飞机的百年发展和运用，将国防和国家利益拓展到三维空间。关注于航空知识，是一种兴趣爱好或业余消遣，但其意义不仅限于此，如果更多的人能够了解飞机型号、性能、作战使用等方面的知识，将会扩大和打牢中国的航空事业发展和强国强军的群众基础。众所周知，发明飞机的莱特兄弟，既无政府的资金支持，也没受过高等教育，而是一对寂寂无闻的自行车修理匠，凭着对航空事业的执著和热爱，这对飞机“发烧友”制造出了世界上第一架飞机，名垂史册。百年来在曲折中前进的世界航空事业，百年来长空碧血丹心，构成军用飞机发展的历程。人们既有成功的喜悦，也失败的懊悔，如果读者能够从众多的历史事件中细心体会，必能从中发现其中的哲理和规律，启迪人生的道路，开启事业的大门。相比于丰富多彩的军用飞机发展史，本书列举的只是沧海一粟，粗线条地勾勒出了航空发展的大致脉络，其目的在于使读者能够对军用飞机的发展有一个虽然粗略但还清晰的了解，引起读者对国防和军事航空事业的关注和兴趣。

在本书的撰写过程中，百花文艺出版社的领导，特别是魏钧泉、杨进刚主任等给予了热情支持和具体的指导帮助，在此谨表衷心感谢。由于本人水平所限，书中疏漏和谬误恐亦难免，敬请读者批评指正。

主要参考文献

1 傅前哨. 瞩望云霄. 蓝天出版社，2003

2 解放军空军指挥学院研究部. 世界空战八十年. 上海科学工作者普及出版社，1998

3 华人杰等. 空军学术思想史. 解放军出版社，1997

4 李树山主编. 世界空军史. 军事科学出版社，1998

5 林虎.保卫祖国领空的战斗.解放军出版社，2002

6 崔长琦.现代防空.国防大学出版社，1989

7 闵增富.智能雄鹰.中国青年出版社，1998

8 李卫平. 现代军用飞机.黄河出版社，1997

9 陈贵春. 军用飞机.解放军出版社，2008

10 张伟. 特种飞机.航空工业出版社，2009

11 张伟 / 秦长庚.战鹰新姿:世界最新军用飞机.蓝天出版社，2003

12 章俭编.长空雄鹰.兵器工业出版社，2007

13 程昭武等.世界飞机 100 年.国防工业出版社，2002